

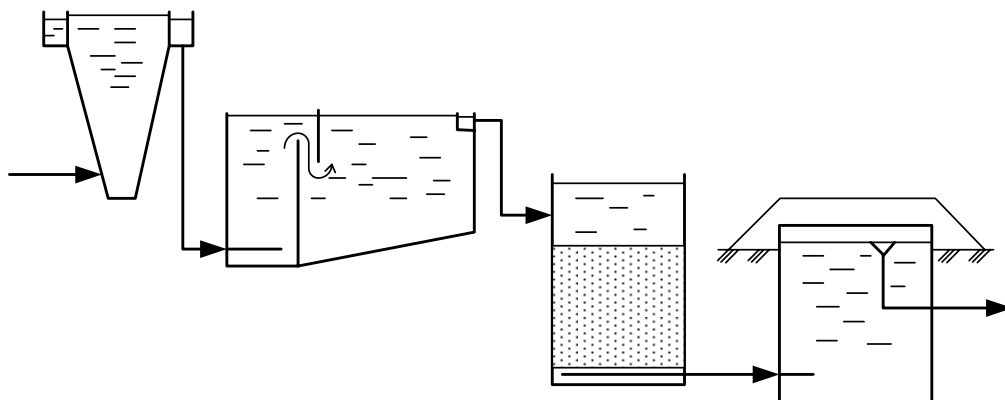
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання курсової роботи
з дисциплін**

«ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД»
та
«СПОРУДИ І ОБЛАДНАННЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ»
Модуль 3. Очисні споруди водопостачання

*(для студентів 4 курсу заочної форми навчання
напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво» (спец. «Водопостачання та водовідведення») та 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»)*



Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисциплін «Технологія очистки природних вод» та «Споруди і обладнання водопостачання» Модуль 3. Очисні споруди водопостачання (для студентів 4 курсу заочної форми навчання напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво» (спец. «Водопостачання та водовідведення») та 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»)/ Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: К. Б. Сорокіна. – Х.: ХНУМГ, 2013. – 44 с.

Укладач: К. Б. Сорокіна

Рецензент: канд. техн. наук, доц. В. О. Ткачов

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очистки вод, протокол № 1 від 30.08.2011 р.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	4
1. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯКОСТІ ВОДИ.....	5
2. ОСНОВНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД.....	7
3. РОЗРАХУНОК ДВОСТУПЕНЕВОЇ СХЕМИ ОЧИЩЕННЯ З ГОРИЗОНТАЛЬНИМИ ВІДСТІНИКАМИ ТА ФІЛЬТРАМИ.....	9
3.1. Визначення повної продуктивності водоочисних споруд.....	10
3.2. Реагентне господарство.....	12
3.3. Складання балансової схеми.....	20
3.4. Розрахунок швидких фільтрів.....	22
3.5. Розрахунок горизонтальних відстійників та камер утворення пластівців.....	25
3.6. Розрахунок змішувачів.....	27
3.7. Розрахунок резервуара чистої води.....	29
3.8. Повторне використання промивних вод.....	31
3.9. Висотна схема розташування споруд для очищення води.....	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	36
ДОДАТКИ.....	37

ВСТУП

Забезпечення населення чистою доброякісною водою має велике гігієнічне значення, оскільки оберігає людей від різних епідеміологічних захворювань, передаваних через воду. Подача достатньої кількості води в населений пункт дозволяє підняти загальний рівень його благоустрою. Для задоволення потреб сучасних крупних міст у воді потрібна величезна її кількість, вимірювана в мільйонах кубічних метрів за добу. Виконання цього завдання, а також забезпечення високих санітарних якостей питної води, вимагає ретельного вибору природних джерел, їх захисту від забруднення і належного очищення води на водопровідних спорудах. Деякі промислові підприємства пред'являють до якості споживаної води спеціальні вимоги

Як правило, вода, що надається для використання, не може бути використана без спеціальної обробки. При цьому метод обробки води визначається, виходячи з складу сирової води і вимог до її якості з боку споживачів, а також постійністю цих параметрів. Відповідні стадії водопідготовки узгоджуються з конструкцією устаткування, видами матеріалів і хімією води. В зв'язку з цим оптимальне рішення як з технічної точки зору, так і за економічними показниками можливо лише тоді, коли вся схема водопідготовки змодельована з урахуванням індивідуальних особливостей споживачів.

Задачами розрахунку і проектування комплексу очисних споруд систем водопостачання є:

1. Вибір методів очистки води, виходячи з якісної характеристики природних вод і продуктивності системи.
2. Визначення складу споруд, які можуть забезпечити потрібний ступінь очистки води при мінімальних витратах коштів.
3. Здійснення технологічних та гідравлічних розрахунків елементів водоочисних споруд.
4. Проектування комплексу водоочисних споруд та їх окремих елементів.
5. Визначення основних експлуатаційних показників технологічних споруд, показника витрат води на власні потреби очисної станції

1. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯКОСТІ ВОДИ

Домішки, що містяться у воді, можуть бути класифіковані за різними критеріями: за *фізичним станом* (розчинені, колоїдні, нерозчинені), за *походженням* (органічні, мінеральні, мікроорганізми).

Якість природної води характеризується фізико-хімічними властивостями і бактерійними забрудненнями.

Фізичні властивості (*органолептичні*) – температура, каламутність (або прозорість), кольоровість, смак і присмак, запах.

Хімічні властивості обумовлюються вмістом у воді розчинених хімічних речовин. До цієї групи відносять сухий залишок, твердість, окислюваність, активна реакція, вміст заліза, марганцю, сполук кремнію, хлоридів, сульфатів, фтору, йоду та ін.

Бактерійне і вірусне забруднення води оцінюють за допомогою показників колі-індекс, колі-тітр, загальне мікробне число.

У відкритих водоймищах містяться також різноманітні дрібні рослинні й тваринні організми, що знаходяться у завислому стані (*планктон*) або прикріплені до дна водоймища (*бентос*). Рослинний планктон називається *фітопланктоном*, тваринний - *зоопланктоном*; бентос називають відповідно *фитобентосом* і *зообентосом*.

Перевірка придатності води для питних цілей і вибір відповідних методів обробки можуть бути здійснені при наявності повного аналізу води з визначенням таких показників: завислі речовини, сухий залишок, рН, кольоровість, окислюваність, вільна вуглекислота, лужність, твердість загальна, твердість карбонатна, вміст основних катіонів і аніонів. Залежно від виду джерела водопостачання потрібно мати кілька аналізів, що характеризують вихідну воду. При цьому необхідно переконатися в правильності аналізу води.

Вода електронейтральна, тому суми концентрацій катіонів і аніонів, виражені в мг-екв/дм³, мають бути рівні:

$$\sum K = \sum A \quad (1.1)$$
$$\left[Ca^{2+}\right] + \left[Mg^{2+}\right] + \left[Na^{+}\right] + \left[Fe^{2+}\right] = \left[HCO_3^{-}\right] + \left[SO_4^{2-}\right] + \left[Cl^{-}\right] + \left[SiO_3^{2-}\right].$$

Для перерахування концентрацій іонів, виражених у мг/дм³, у мг-екв/дм³, концентрацію треба розділити на еквівалентну масу даної речовини:

$$\frac{Ca^{2+}}{20,04} + \frac{Mg^{2+}}{12,16} + \frac{Na^{+}}{23} + \frac{Fe^{3+}}{27} = \frac{HCO_3^{-}}{61,02} + \frac{SO_4^{2-}}{48,03} + \frac{Cl^{-}}{35,48} + \frac{SiO_3^{2-}}{38}$$
$$\frac{72}{20,04} + \frac{49}{12,16} + \frac{21}{23} + \frac{0,2}{27} = \frac{147}{61,02} + \frac{179}{48,03} + \frac{64}{35,48} + \frac{23}{38}$$
$$3,593 + 4,029 + 0,913 + 0,007 = 2,409 + 3,727 + 1,804 + 0,605$$
$$8,542 = 8,545.$$

Основною перевіркою правильності аналізу є зіставлення сум концентрацій (у мг-екв/дм³) катіонів і аніонів, при цьому повинна виконуватися нерівність

$$\frac{\Sigma K - \Sigma A}{\Sigma K + \Sigma A} \cdot 100\% \leq 5\%.$$

$$\frac{8,542 - 8,545}{8,542 + 8,545} \cdot 100\% < 5\%.$$

Сумарна концентрація катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+} визначає загальну твердість води:

$$T_3^{вих} = \frac{Ca^{2+}}{20,04} + \frac{Mg^{2+}}{12,16} = \frac{72}{20,04} + \frac{49}{12,16} = 7,62 \text{ мг-екв/дм}^3. \quad (1.2)$$

Знаходимо карбонатну твердість:

$$T_K = \frac{HCO_3^-}{61,02} = \frac{147}{61,02} = 2,41 \text{ мг-екв/дм}^3. \quad (1.3)$$

Визначаємо некарбонатну твердість:

$$T_{HK} = T_3^{вих} - T_K = 7,62 - 2,41 = 5,21 \text{ мг-екв/дм}^3. \quad (1.4)$$

Мінеральний залишок:

$$P = \Sigma K + \Sigma A = 72 + 49 + 21 + 0,2 + \frac{147}{2} + 179 + 64 + 23 = 481,7 \text{ мг/дм}^3.$$

Результати аналізу іонного складу води зручно зобразити графічно як діаграму (рис. 1.1), яку будують у вигляді трьох рівної довжини рівнобіжних смуг, що примикають одна до одної.

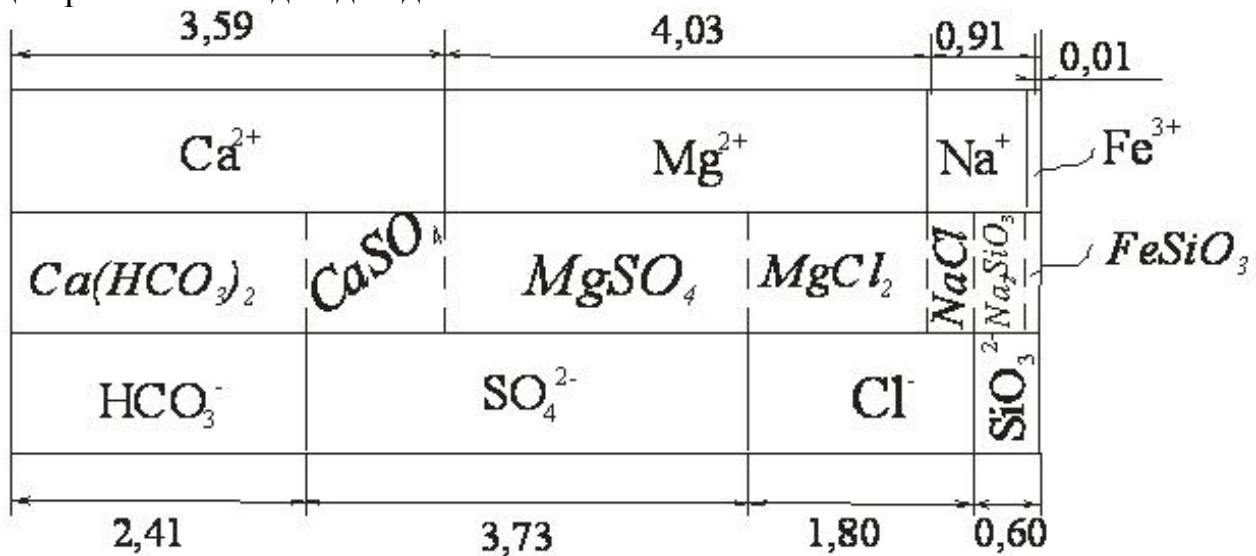


Рис. 1.1 – Діаграма передбачуваного складу солей у вихідній воді за даними аналізу

На верхній смузі ліворуч праворуч – відповідно концентрації у визначеному масштабі розташовують катіони, що містяться у воді, у порядку зростання основних властивостей, на нижній смузі у тому ж масштабі ліворуч праворуч – аніони в порядку зростання основних властивостей. На середній смузі зі сполучень катіонів і аніонів визначають передбачуваний склад солей. Масштаб для середньої смуги вдвічі менше, ніж для верхньої і нижньої.

2. ОСНОВНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД

Найчастіше води поверхневих джерел характеризуються підвищеною каламутністю і кольоровістю, а також суттєвим бактеріальним забрудненням. Тому основними методами очистки води поверхневих джерел є її *освітлення* та *знебарвлення*. Перед подачею води в системи господарсько-питного водопостачання також обов'язково здійснюють її *зnezараження*.

Залежно від якості природної води її очистка може здійснюватися в один або в декілька ступенів (найчастіше – в два) з використанням реагентів, що інтенсифікують процеси очистки, або без їх застосування.

При виборі методів і споруд для очистки води поверхневих джерел слід керуватися табл. 2.1 [1].

Таблиця 2.1 – Основні методи очистки води, типи споруд і умови їх застосування

Основні споруди	Умови застосування				Продуктивність станції, м³/доб.
	Каламутність, мг/л		Кольоровість, град.		
	вихідна вода	очищена вода	вихідна вода	очищена вода	
Обробка води із застосуванням коагулянтів і флокулянтів					
1. Швидкі фільтри (одноступінчасте фільтрування):					
а) напірні фільтри	до 30	до 1,5	до 50	до 20	до 5000
б) відкриті фільтри	до 20	до 1,5	до 50	до 20	до 50000
2. Вертикальні відстійники – швидкі фільтри	до 1500	до 1,5	до 120	до 20	до 5000
3. Горизонтальні відстійники – швидкі фільтри	до 1500	до 1,5	до 120	до 20	понад 30000
4. Контактні префільтри – швидкі фільтри (двоступінчасте фільтрування)	до 300	до 1,5	до 120	до 20	будь-яка
5. Освітлювачі з завислим осадом – швидкі фільтри	від 50 до 1500	до 1,5	до 120	до 20	понад 5000
6. Два ступеня відстійників – швидкі фільтри	більше 1500	до 1,5	до 120	до 20	будь-яка
7. Контактні освітлювачі	до 120	до 1,5	до 120	до 20	будь-яка

Основні споруди	Умови застосування				Продуктивність станцій, м³/доб.
	Каламутність, мг/л		Кольоровість, град.		
	вихідна вода	очищена вода	вихідна вода	очищена вода	
8. Горизонтальні відстійники та освітлювачі з завислим осадом для часткового освітлення води	до 1500	8-15	до 120	до 40	будь-яка
9. Крупнозернисті фільтри для часткового освітлення води	до 80	до 10	до 120	до 30	будь-яка
10. Радіальні відстійники для попереднього освітлення вод високої мутності	понад 1500	до 250	до 120	до 20	будь-яка
11. Трубчастий відстійник і напірний фільтр заводського виготовлення (типу «Струя»)	до 30	до 1,5	до 120	до 20	до 800
Обробка води без застосування коагулянтів і флокулянтів					
12. Крупнозернисті фільтри для часткового освітлення води	до 150	30-50% вихідної	до 120	така, як вихідна	будь-яка
13. Радіальні відстійники для часткового освітлення води	більше 1500	30-50% вихідної	до 120	така, як вихідна	будь-яка
14. Повільні фільтри з механічною або гідравлічною регенерацією піску	до 1500	1,5	до 50	до 20	будь-яка

Примітки: 1. Каламутність вказана з урахуванням її збільшення при додаванні реагентів.

2. На водозабірних спорудах або на станціях водопідготовки необхідно передбачати встановлення сіток з вічками розміром 0,5-2 мм. При середньомісячному вмісті планктону у воді понад 1000 кл/мл і тривалості «цвітіння» води понад 1 місяць протягом року додатково до сіток на водозаборі слід передбачати встановлення мікрофільтрів на водозаборі або на станції водопідготовки.

3. При обґрунтуванні допускається застосування споруд, які не вказані в таблиці (плавучі водозабори-освітлювачі, гідроциклони, флотаційні установки та ін.)

4. Освітлювачі з завислим осадом слід застосовувати при рівномірній подачі води або поступовій зміні витрат в межах $\pm 15\%$ протягом 1 год. і коливанні температури води не більше $\pm 1^\circ\text{C}$ протягом 1 год.

3. РОЗРАХУНОК ДВОСТУПЕНЕВОЇ СХЕМИ ОЧИЩЕННЯ З ГОРИЗОНТАЛЬНИМИ ВІДСТІЙНИКАМИ ТА ФІЛЬТРАМИ

Вихідні дані:

1. Кількість жителів у місті – 290 тис. чол.
2. Забудова – 9 поверхів.
3. Корисна продуктивність водоочисних споруд $Q_{\text{кор}}$ – 80 тис. м³/діб.
4. Аналіз вихідної води:

Зміст завислих речовин, мг/дм ³	242
Сухий залишок, мг/дм ³	720
pH	6,5 – 8,5
Зміст кисню, мгО ₂ /дм ³	5,7
Вміст катіонів і аніонів, мг/дм ³ :	
Ca ²⁺ 72	Na ⁺ 21
HCO ₃ ⁻ 147	Cl ⁻ 64
Mg ²⁺ 49	Fe ³⁺ 0,2
SO ₄ ²⁻ 179	SiO ₃ ²⁻ 23
Температура, °C	14
Запах, присмак, бали	2
Кольоровість, град. п.к.ш.	45

Відповідно до продуктивності водоочисних споруд, основних показників якості вихідної води і даних табл. 15 [1] до проектування приймаємо двоступеневу схему очищення, за якою воду, оброблену реагентами, послідовно піддають очищенню в горизонтальних відстійниках і швидких фільтрах. Для інтенсифікації процесу очищення вихідну воду піддають коагулюванню й обробці флокулянтами. У період нестачі лужності в природній воді та для стабілізації очищеної води передбачають її підлуження.

Коагулянт приймають очищений, що містить не менше 45,3% Al₂(SO₄)₃. Як флокулянт беруть поліакриламід (ПАА) у вигляді гелю, що містить 8% активної частини. Як луг використовують негашене вапно, що містить не менше 70% СаО в товарному продукті. З урахуванням можливості наявності непогашених зерен процентний вміст активного продукту приймаємо Р_в=60%.

Змішування розчинів реагентів з вихідною водою проектуємо у вихровому (вертикальному) змішувачі. Перед змішувачем у трубопровід вихідної води вводять хлор для первинного хлорування, коагулянт, а також, при необхідності підлуження, вапно. На виході зі змішувача у воду додають флокулянт (ПАА). Далі вода надходить у камери утворення пластівців із завислим осадом, які вбудовані в горизонтальні відстійники.

Після освітлення на спорудах першого ступеня вода надходить на швидкі фільтри. Проектом передбачається можливість введення флокулянта перед фільтрами. Відфільтровану воду знезаражують хлором. При необхідності стабілізації після фільтрів у воду додають вапно.

Вода від промивання фільтрів надходить у резервуар-усереднювач, з якого рівномірно протягом доби вона перекачується в трубопровід перед змішувачем.

Для видалення піску з промивної води перед резервуаром-усереднювачем влаштовують горизонтальний піскоуловлювач. Пісок з осадової частини піскоуловлювача періодично в міру його нагромадження транспортують гідроелеватором на площадки піскового господарства.

Оброблену чисту воду направляють в резервуари, звідки насосною станцією 2-го підйому подають споживачам.

Принципова схема основних споруд станції очищення води подана на рис. 3.1.

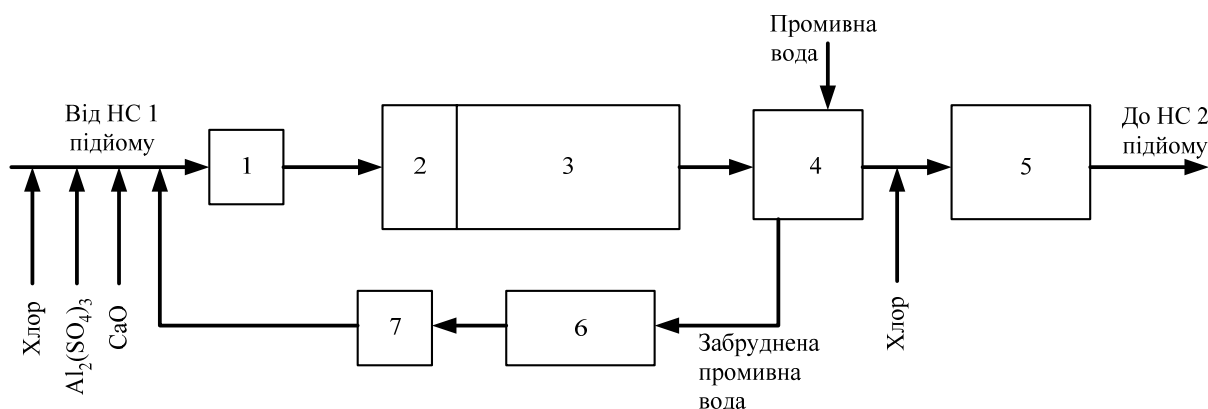


Рис. 3.1 – Принципова схема основних споруд водоочисної станції:

1 – вертикальний змішувач; 2- камера утворення пластівців;

3 – горизонтальний відстійник; 4 – швидкий фільтр;

5 – резервуар чистої води; 6 – піскоуловлювач; 7 – резервуар-усереднювач

3.1. Визначення повної продуктивності водоочисних споруд

Повну продуктивність станції обробки господарсько-питної води визначають з урахуванням витрати води на власні потреби станції (промивання фільтрів, очищення відстійників, камер утворення пластівців, змішувачів, РЧВ та ін.), додаткової витрати води на поповнення протипожежного запасу і приготування розчинів реагентів.

Витрату води на власні потреби водоочисної станції приймають згідно п. 6.6 [1]:

- для станцій з повторним використанням промивних вод - 3-4%;
- для станцій без повторного використання промивних вод – 10-14%.

При цьому витрати на власні потреби слід уточнювати розрахунками.

При визначенні розрахункової продуктивності водоочисних споруд необхідно додатково враховувати витрати води на відновлення протипожежного запасу води, що зберігається у резервуарі чистої води. При цьому слід керуватися п. 2.25 [1]:

- максимальний час відновлення протипожежного запасу води в населених пунктах і на підприємствах з виробництвами за пожежною небезпекою категорій А, Б і В становить 24 год.;

- на підприємствах з виробництвами за пожежною небезпекою категорій Г, Д і Е - 36 год.;
- в сільських населених пунктах і на підприємствах сільськогосподарського виробництва – 72 год.

Для систем водопостачання I та II категорій надійності можливе зниження розрахункової витрати до 70%, а для систем III категорії – до 50%, і подача води на підприємства – за аварійним графіком.

При об'єднаному протипожежному водопроводі населеного пункту і промислового підприємства, розташованих поза населеним пунктом, розрахункова кількість одночасних пожеж повинна прийматися при числі жителів в населеному пункті більше 25 тис. чол. згідно п. 2.22 [1] (при площі підприємства до 150 га – одна пожежа, при площі більше 150 га – 2 пожежі) і табл. 5 [1]. Витрату води при цьому слід визначати як суму потрібної більшої витрати (на підприємстві або в населеному пункті) і 50% потрібної меншої витрати (на підприємстві або в населеному пункті) (п. 2.23 [1]).

Продуктивність водоочисних споруд можна визначити за формулою

$$Q_{oc} = \frac{\alpha \cdot Q_{кор}}{24} + Q_{дод}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.1)$$

де α - коефіцієнт витрат на власні потреби водоочисної станції: для станцій з повторним використанням промивних вод $\alpha=1,03-1,04$, без повторного використання промивних вод $\alpha=1,1-1,14$;

$Q_{кор}$ - корисна продуктивність станції, $\text{м}^3/\text{доб.}$;

$Q_{дод}$ - додаткова витрата води на поповнення протипожежного запасу, $\text{м}^3/\text{год}$, яка дорівнює

$$Q_{дод} = \frac{Q_{пож}}{T_{пож}} = \frac{3,6 \cdot t_{пож} \cdot \left[n \cdot (q_{н.пож}^{нп} + q_{в.пож}^{нп}) + n' \cdot (q_{н.пож}^{пп} + q_{в.пож}^{пп}) \cdot 0,5 \right]}{T_{пож}}, \quad (3.2)$$

де $Q_{пож}$ - витрата води для гасіння пожежі, $\text{м}^3/\text{год}$;

n і n' - кількість одночасних пожеж відповідно в населеному пункті та на підприємстві; n приймають за табл. 5 [1] (Додаток I), n' - згідно п. 2.22, орієнтовно можна прийняти 1 пожежу;

$q_{н.пож}^{нп}$ і $q_{н.пож}^{пп}$ - норма витрати води на зовнішнє пожежогасіння відповідно для населеного пункту і підприємства, л/с; $q_{н.пож}^{нп}$ приймають за табл. 5 [1] (Додаток I), $q_{н.пож}^{пп}$ - згідно табл. 7, 8 [1] залежно від категорії виробництва, ступіню вогнестікості та розмірів будівель, орієнтовно можна прийняти 20- 50 л/с;

$q_{\text{в.пож}}^{\text{нп}}$ і $q_{\text{в.пож}}^{\text{пп}}$ - норма витрати води на внутрішнє пожежогасіння відповідно для населеного пункту і підприємства [3]; орієнтовно можна приймати 5-10 л/с;
 $t_{\text{пож}}$ - розрахункова тривалість пожежі, год. [1, п. 2.24];
 $T_{\text{пож}}$ - час відновлення пожежного запасу, год. [1, п. 2.25].

$$Q_{\text{доп}} = \frac{3,6 \cdot 3[3 \cdot (55 + 10) + 1 \cdot (30 + 10) \cdot 0,5]}{24} = 96,75 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$Q_{\text{ос}} = \frac{(1 + 0,03) \cdot 80000}{24} + 96,75 = 3530 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$Q'_{\text{ос}} = 3530 \cdot 24 = 84720 \text{ м}^3/\text{діб};$$

$$q_{\text{ос}} = \frac{3530}{3,6} = 980,6 \text{ л/с}.$$

3.2. Реагентне господарство очисних станцій

Застосування реагентів (коагулянтів, флокулянтів, лужних реагентів) дозволяє інтенсифікувати процес очистки води. Найчастіше для коагуляції природної води використовують сірчаноокислий алюміній ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) та хлорне залізо (FeCl_3). Для поліпшення умов коагуляції використовують флокулянти, найбільш поширеними з яких є поліакриламід (ПАА) та активована кремнієва кислота (АК). Для збільшення лужності застосовують вапно або (при обґрунтуванні) – соду.

3.2.1. Коагулювання води

Вибір дози коагулянту здійснюють згідно з [1] за кольоровістю вихідної води:

$$D_K = 4\sqrt{Ц}, \text{ мг/дм}^3, \quad (3.3)$$

або мутністю по табл. 16 [1] (Додаток 2). При одночасному вмісті у воді завислих речовин і кольоровості приймається найбільша з доз коагулянту.

При кольоровості вихідної води 45 град. п.к.ш. $D_K = 4\sqrt{45} = 26,8 \text{ мг/дм}^3$. Для мутності вихідної води 242 мг/дм^3 доза коагулянту дорівнює 38 мг/дм^3 . Таким чином, приймається доза коагулянту 38 мг/дм^3 .

Доза коагулянту за товарним продуктом зі вмістом безводної солі $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 45,3% дорівнює 84, а загальна добова витрата

$$G_K = \frac{84 \cdot 84720}{10^6} = 7,12 \text{ т/діб}.$$

Добова витрата води на приготування 5%-ного розчину коагулянту

$$Q_{\text{в.к.}} = \frac{7,12 \cdot 95}{5} = 135,28 \text{ м}^3/\text{діб}.$$

Приготування коагулянту здійснюють за схемою, наведеною на рис. 3.2. Приймають мокре збереження коагулянту в баках-сховищах.

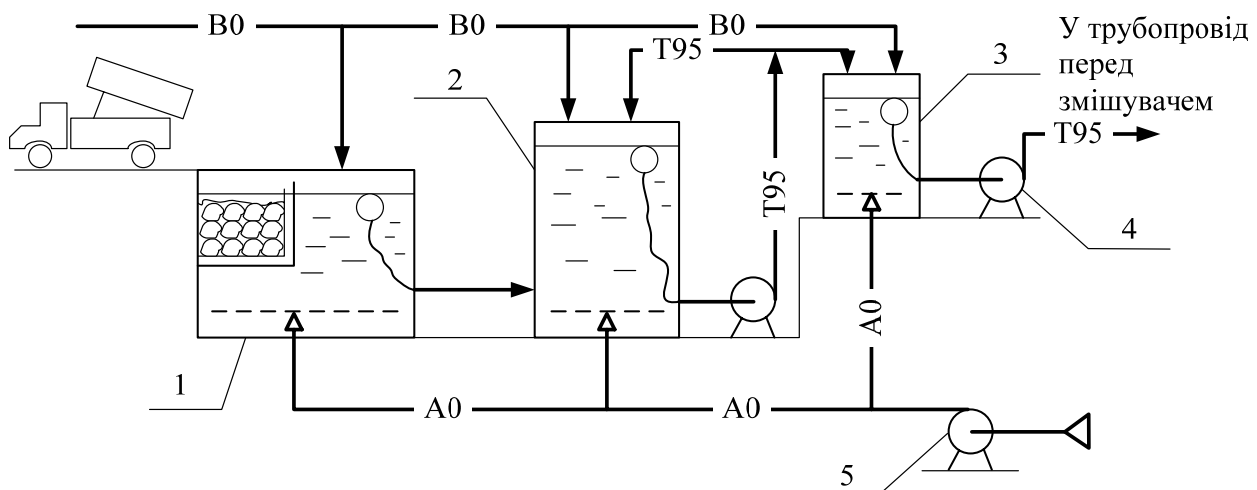


Рис. 3.2 – Схема коагулянтного господарства при мокрому збереженні коагулянту:

В0 – водопровід; А0 – повітропровід; Т95 – коагулянт $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$;
 1 – розчинні баки (приготування 17%-го розчину); 2 – баки-сховища;
 3 – витратні баки (приготування 5%-го розчину); 4 – насос-дозатор;
 5 – повітродувка

Об'єм розчинних баків розрахований на прийом коагулянту від одного самоскида вантажопідйомністю 5 т з розрахунку $1,5 \text{ м}^3$ на 1 т коагулянту.

Місткість бака $1,5 \cdot 5 = 7,5 \text{ м}^3$. Розміри бака приймаємо $2 \times 2 \times 1,9 \text{ м}$. До установки запроектовано 4 баки. Тривалість розчинення при температурі води взимку 3°C - 4 години. Для інтенсифікації процесу розчинення в баки подається стиснене повітря.

Місткість баків-сховищ визначаємо з розрахунку 15-30-добової витрати 10-17%-го розчину коагулянту за формулою

$$W_{\text{б.сх}} = \frac{D_{\text{к}} \cdot Q'_{\text{ос}} \cdot T_{\text{сх}}}{10 \cdot \beta_{\text{б.сх}} \cdot \rho_{\text{б.сх}}}, \text{ м}^3, \quad (3.4)$$

де $D_{\text{к}}$ - доза коагулянту за безводним продуктом, мг/дм^3 ;

$Q'_{\text{ос}}$ - повна продуктивність очисних споруд, $\text{м}^3/\text{доб}$;

$T_{\text{зб}}$ - розрахункова тривалість збереження розчину коагулянту (15 діб);

$\beta_{\text{б.сх}}$ - концентрація розчину в баках-сховищах (17%);

$\rho_{\text{б.сх}}$ - щільність розчину коагулянту (1150 кг/м^3).

$$W_{\text{б.сх}} = \frac{84 \cdot 84722 \cdot 15}{10 \cdot 17 \cdot 1150} = 546 \text{ м}^3.$$

Місткість баків-сховищ може бути зменшена на сумарну ємність розчинних баків.

Приймаємо до проектування 4 баки. Робоча місткість одного бака $6 \times 9 \times 2,6 = 140,4 \text{ м}^3$.

Місткість витратних баків визначаємо за формулою

$$W_{\text{в.б.}} = \frac{D_{\text{к}} \cdot Q_{\text{ос}} \cdot T_{\text{в.б.}}}{10 \cdot \beta_{\text{в.б.}} \cdot \rho_{\text{в.б.}}}, \quad (3.5)$$

де $Q_{\text{ос}}$ - повна продуктивність очисних споруд, $\text{м}^3/\text{год}$;

$T_{\text{в.б.}}$ - час роботи станції, на який розраховується кількість розчину коагулянту у витратних баках, год., (приймається залежно від продуктивності станції: до 10 тис. $\text{м}^3/\text{доб}$ – 12-24 год., 10-50 тис. $\text{м}^3/\text{доб}$ – 8-12 год., більше 50 тис. $\text{м}^3/\text{доб}$ – 6-8 год., більше 100 тис. $\text{м}^3/\text{доб}$ – 3 год.), приймаємо 6 год.;

$\beta_{\text{в.б.}}$ - концентрація розчину у витратних баках (приймається 4-10%), 5%;

$\rho_{\text{в.б.}}$ - щільність розчину коагулянту ($1050 \text{ кг}/\text{м}^3$):

$$W_{\text{в.б.}} = \frac{84 \cdot 3530 \cdot 6}{10 \cdot 5 \cdot 1050} = 33,89 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до проектування 4 витратні баки з розмірами $3 \times 2,5 \times 1,2 \text{ м}$.

Для перекачування розчину коагулянту з баків-сховищ у витратні баки використано насос марки 1,5х-6Д-1-41 продуктивністю $8,64 \text{ м}^3/\text{год}$, напором $17,8 \text{ м}$.

Для дозування розчину коагулянту приймаємо плунжерні насоси-дозатори НД-2500/10 у кислотостійкому виконанні. Подача насоса від 600 до $2500 \text{ л}/\text{год}$, тиск нагнітання 1 МПа , потужність електродвигуна 3 кВт (3 агрегати робочих, 1 резервний).

Трубопроводи реагентного господарства прокладають з поліетиленових труб. Швидкість руху розчину має бути не менше $0,8 \text{ м}/\text{с}$. Для витрати $2,1 \text{ л}/\text{с}$ у напірному трубопроводі, що подає коагулянт у змішувач, діаметр трубопроводу 32 мм . Зовнішній діаметр 40 мм .

Визначення витрати повітря для коагулянтного відділення. Розрахунок витрату стиснутого повітря, подаваного в розчинні баки, визначаємо за формулою

$$Q_{1\text{ пов}} = 0,06 \cdot i_{1\text{ пов}} \cdot F_{\text{роз}}, \text{ м}^3/\text{хв}, \quad (3.6)$$

де $i_{1\text{ пов}}$ - інтенсивність подачі повітря, $10 \text{ л}/\text{с м}^2$;

$F_{\text{роз}}$ - площа розчинного бака, $2,2 \times 4 = 8,8 \text{ м}^2$.

$$Q_{1\text{ пов}} = 0,06 \cdot 10 \cdot 8,8 = 5,28 \text{ м}^3/\text{хв}.$$

Кількість стиснутого повітря, подаваного у витратний бак для перемішування розчину:

$$Q_{2\text{ пов}} = 0,06 \cdot i_{2\text{ пов}} \cdot F_{\text{витр}}, \text{ м}^3/\text{хв}, \quad (3.7)$$

де $i_{2\text{ пов}}$ - інтенсивність подачі повітря, $4 \text{ л}/\text{с м}^2$;

$F_{\text{витр}}$ - площа витратного бака, $3,2 \times 2,3 = 7,36 \text{ м}^2$.

$$Q_{2\text{ пов}} = 0,06 \cdot 4 \cdot 7,36 = 1,76 \text{ м}^3/\text{хв}.$$

Загальна витрата стиснутого повітря

$$Q_{\text{пов}} = Q_{1\text{ пов}} + Q_{2\text{ пов}} = 5,28 + 1,76 = 7,04 \text{ м}^3/\text{хв}. \quad (3.8)$$

Приймаємо повітродувки марки ВК-3 – 2 робочі, 1 резервна (Додаток 3).

Для рівномірного перемішування коагулянту з водою повітророзподільна система повинна бути максимально розгалужена і покладена на всю площу розчинних і витратних баків. Швидкість виходу повітря з отворів повітророзподільної системи 30 м/с. Діаметр труби 40 мм, отворів – 3 мм, крок отворів - 150 мм.

3.2.2. Флокулювання води

Дозу поліакриламід за безводним продуктом при введенні перед відстійниками слід приймати згідно табл. 17 [1] (Додаток 4). При введенні перед фільтрами при двоступеневій схемі доза ПАА складає 0,05-0,1 мг/дм³ [1]. Слід передбачати можливість введення флокулянтів і коагулянтів з інтервалом у часі 2-3 хв. залежно від якості оброблюваної води.

Приймаємо ПАА технічний марки «А». Доза ПАА 0,5 мг/дм³. За товарним продуктом із вмістом корисної частини 8% доза ПАА дорівнює 6,25 мг/дм³. Добова потреба ПАА

$$G_{\text{ПАА}} = \frac{0,5 \cdot 84720}{0,08 \cdot 10^6} = 0,53 \text{ т/діб.}$$

Робочий обсяг 1%-го розчину ПАА дорівнює 53 м³.

Кількість води, необхідної для приготування 0,4%-го розчину ПАА

$$Q_{\text{вф}} = \frac{0,53 \cdot 99,6}{0,4} = 132 \text{ м}^3/\text{діб},$$

робочий обсяг 4%-ного розчину ПАА

$$Q_{\text{ПАА}} = \frac{132 \cdot 100}{99,6} = 132,5 \text{ м}^3.$$

Зберігання ПАА. На фільтрувальну станцію поліакриламід надходить у вигляді 8%-ного гелю в бочках або металевих балонах. На складі бочки встановлюють у 2 яруси висотою 2,5 м. Вага однієї бочки 105 кг.

Необхідна кількість бочок у добу $530:105=5,04$ (приймаємо 6 бочок). При 15-добовому запасі склад повинен бути розрахований на зберігання 90 бочок. Необхідна площа складу

$$F_{\text{скл}} = \frac{K \cdot n \cdot G}{\rho_{\text{ПАА}} \cdot H \cdot 1000}, \text{ м}^2, \quad (3.9)$$

де К - коефіцієнт, що враховує відстань між бочками і проходи (1,5);

n - кількість бочок;

G - вага бочки, 105 кг;

$\rho_{\text{ПАА}}$ - щільність 8%-ного гелю ПАА, 1,04 г/мл;

H - висота установки тари, 2,5 м.

$$F_{\text{скл}} = \frac{1,5 \cdot 90 \cdot 105}{1,04 \cdot 2,5 \cdot 1000} = 5,4 \text{ м}^2.$$

Схема приготування і дозування ПАА наведена на рис. 3.3.

Час готування робочого розчину (включаючи зважування, завантаження, перемішування і перекачування) складає близько 2 год.

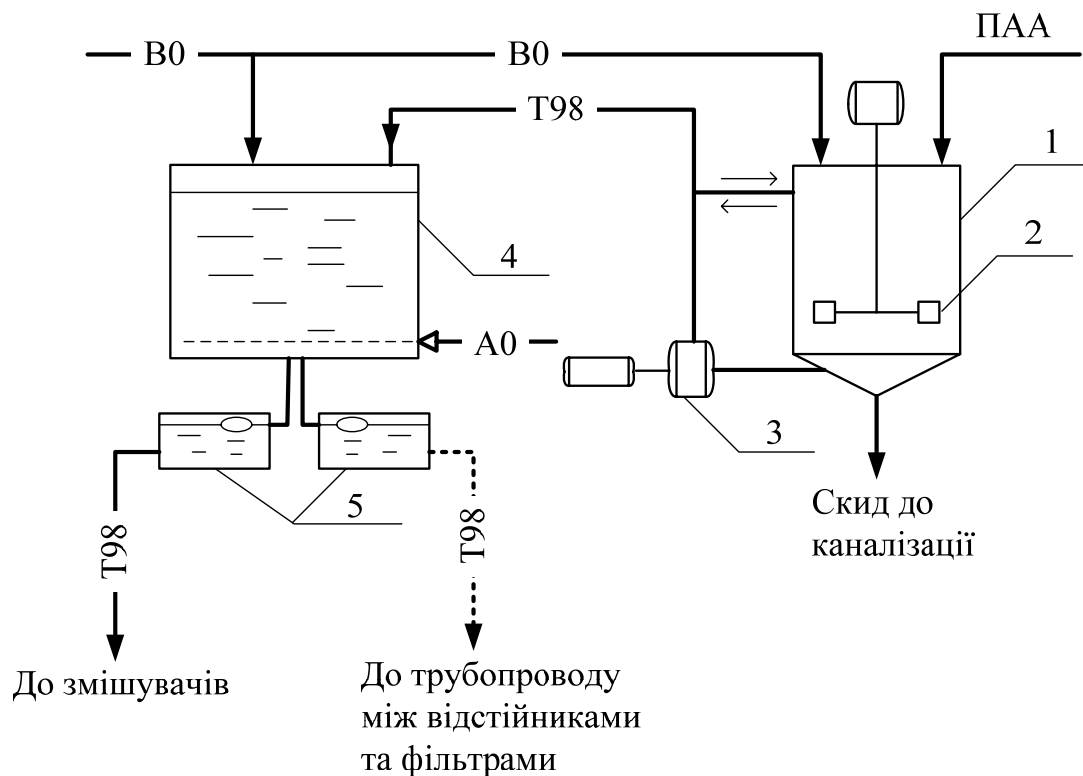


Рис. 3.3 – Схема приготування розчину ПАА:

В0 – водопровід; А0 – повітропровід; Т98 – флокулянт ПАА;
 1 – апарат для розчинення ПАА; 2 – лопаті мішалки; 3 – циркуляційний насос;
 4 – бак для розведення розчину до робочої концентрації (0,4%) та зберігання;
 5 – дозувальні бачки

3.2.3. Додавання луку

Вапно на станціях обробки води для господарсько-питних цілей застосовується як для поліпшення умов утворення пластівців, так і для стабілізаційної обробки води.

Визначаємо *дозу луку для поліпшення процесів утворення пластівців* згідно з [1]

$$D_{\text{л}} = K \left(\frac{D_{\text{к}}}{e_{\text{к}}} - L_0 + 1 \right) = 28 \cdot \left(\frac{38}{57} - 2,41 + 1 \right) = -20,8 \text{ мг/дм}^3, \quad (3.10)$$

де $D_{\text{к}}$ - максимальна в період підключення доза безводного коагулянту, мг/дм³;
 $e_{\text{к}}$ - еквівалентна маса коагулянту (безводного), мг/мг-екв, для $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – 57;

L_0 - мінімальна лужність води, мг-екв/дм³; $L_0 = T_{\text{к}} = 2,41$;

K - коефіцієнт, який дорівнює для вапна (за CaO) 28.

Оскільки розраховане значення дози луку має негативне значення, то для поліпшення умов утворення пластівців підключувати не треба.

При необхідності підключення води вапно слід вводити в оброблювану воду одночасно з введенням коагулянтів.

Стабільність води при відсутності даних технологічних аналізів може бути визначена за індексом насичення карбонатом кальцію [1]:

$$J = \text{pH}_0 - \text{pH}_s, \quad (3.11)$$

где pH_0 - водневий показник, вимірюваний за допомогою рН-метра;

pH_s - водневий показник в умовах насичення води карбонатом кальцію, який визначають за номограмою рис. 2 [1, Додаток 5], виходячи із значень вмісту кальцію C_{Ca} , загального солевмісту P , лужності L та температури води t .

Для захисту металевих труб від корозії та утворення бугристих корозійних відкладень стабілізаційну обробку води слід передбачати при $J < 0,3$ більше 3-х місяців за рік.

При визначенні необхідності стабілізаційної обробки води слід враховувати зміну її якості в результаті попередньої обробки (коагулювання, зм'якшення, аерації та ін.).

Для води, підданої обробці мінеральними коагулянтами (сірчанокислим алюмінієм, хлорним залізом та ін.), при підрахуванні індексу насичення слід враховувати зниження рН та лужності води внаслідок додавання до неї коагулянта.

Лужність води після коагулювання L_K , мг-екв/дм³, слід визначати за формулою

$$L_K = L_0 - \frac{D_K}{e_K}, \text{ мг-екв/дм}^3, \quad (3.12)$$

де L_0 - лужність вихідної води (до коагулювання), мг-екв/дм³;

D_K - доза коагулянта у розрахунку на безводний продукт, мг/дм³;

e_K - еквівалентна маса безводної речовини коагулянта, мг-екв/дм³.

$$L_K = 2,41 - \frac{38}{57} = 1,7 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

Кількість вільного двоокису вуглецю у воді після коагулювання $(\text{CO}_2)_V$ слід визначати за номограмою рис. 2 [1] при відомій величині рН коагулюваної води, а при невідомому рН за формулою

$$(\text{CO}_2)_V = (\text{CO}_2)_0 + 44 \cdot \frac{D_K}{e_K}, \text{ мг/дм}^3, \quad (3.13)$$

де $(\text{CO}_2)_0$ - концентрація двоокису вуглецю у вихідній воді до коагулювання, мг/л.

За номограмою на рис. 2 [1] (Додаток 5) при pH_0 вихідної води 6,5, солевмісті $P=481,7$ мг/дм³, лужності $L_0=2,41$ мг-екв/дм³, температурі $t=14^\circ\text{C}$ визначаємо $(\text{CO}_2)_0$ - отримуємо відрізки довжиною $l_1=5,75$ см, $l_2=2,65$ см, $l_1 + l_2=8,4$ см, тоді $(\text{CO}_2)_0=85$ мг/дм³.

$$(\text{CO}_2)_V = 85 + 44 \cdot \frac{38}{57} = 114,3 \text{ мг/дм}^3.$$

При відомому значенні $(\text{CO}_2)_\text{в}$ за номограмою на рис. 2 [1] (Додаток 5) визначають величину рН води після обробки коагулянтном: при $(\text{CO}_2)_0=85$ мг/дм³, $P=481,7$ мг/дм³, $t=14^\circ\text{C}$, $L_k=1,7$ мг-екв/дм³ отримуємо $l_1+l_2=8,8$ см, $l_2=2,3$ см, $l_1=6,2$ см, а $\text{pH}_s=6,2$.

$$J = 6,5 - 6,2 = 0,3.$$

При позитивному індексі насичення для попередження заростання труб карбонатом кальцію воду слід обробляти кислотою (сірчаною або соляною), гексаметафосфатом або триполіфосфатом натрію.

Дозу кислоти (у розрахунку на товарний продукт) слід визначати за формулою

$$D_{\text{кис}} = \frac{100 \cdot \alpha_{\text{кис}} \cdot L \cdot e_{\text{кис}}}{C_{\text{кис}}}, \text{ мг/дм}^3, \quad (3.14)$$

де $\alpha_{\text{кис}}$ - коефіцієнт, який визначають за номограмою на рис. 3 [1, Додаток 5];

L - лужність води до стабілізаційної обробки, мг-екв/дм³;

$e_{\text{кис}}$ - еквівалентна маса кислоти, мг/мг-екв (для сірчаної кислоти – 49, для соляної – 36,5);

$C_{\text{кис}}$ - вміст активної частини у товарному продукті, %.

Дозу гексаметафосфату або триполіфосфату натрію (у розрахунку на P_2O_5) слід приймати:

- для господарсько-питних водопроводів – не більше 2,5 мг/дм³ (3,5 мг/дм³ у розрахунку на PO_4);
- для виробничих водопроводів – до 4 мг/дм³.

При негативному індексі насичення води карбонатом кальцію для отримання стабільної води слід передбачати її обробку лужними реагентами (вапном, содою або цими реагентами сумісно), гексаметафосфатом або триполіфосфатом натрію.

Дозу вапна слід визначати за формулою

$$D_{\text{в}} = 28 \cdot \beta_{\text{и}} \cdot K_t \cdot L, \text{ мг/дм}^3, \quad (3.15)$$

де $D_{\text{в}}$ - доза вапна у розрахунку на CaO , мг/дм³;

$\beta_{\text{и}}$ - коефіцієнт, який визначають за номограмою на рис 4 [1, Додаток 5] залежно від рН води (до стабілізаційної обробки) та індексу насичення J ;

K_t - коефіцієнт, який залежить від температури води: при $t=20^\circ\text{C}$ - $K_t=1$, при $t=50^\circ\text{C}$ - $K_t=1,3$.

Дозу соди у розрахунку на Na_2CO_3 слід приймати в 3-3,5 раза більше дози вапна у розрахунку на CaO .

Якщо за формулою (3.15) доза вапна $D_{\text{в}}/28$, мг-екв/дм³, більше величини $d_{\text{л}}$, яку визначають за формулою

$$d_{\text{л}} = 0,7 \cdot \left[\frac{\text{CO}_2}{22} + L \right], \text{ мг-екв/дм}^3, \quad (3.16)$$

то у воду, крім вапна у кількості $d_{\text{л}}$, слід вводити також соду, дозу якої визначають за формулою

$$d_{\text{с}} = \left(\frac{D_{\text{с}}}{28} - d_{\text{л}} \right) \cdot 100, \text{ мг/л.} \quad (3.17)$$

Слід передбачати можливість одночасно зі введенням лужних реагентів дозувати гексаметафосфат або триполіфосфат натрія дозою 0,5-1,5 мг/л (у розрахунку на P_2O_5) – для підвищення ступеню рівномірності розподілення захисної карбонатної плівки по довжині трубопроводу.

Схема приготування вапняного молока показана на рис. 3.4.

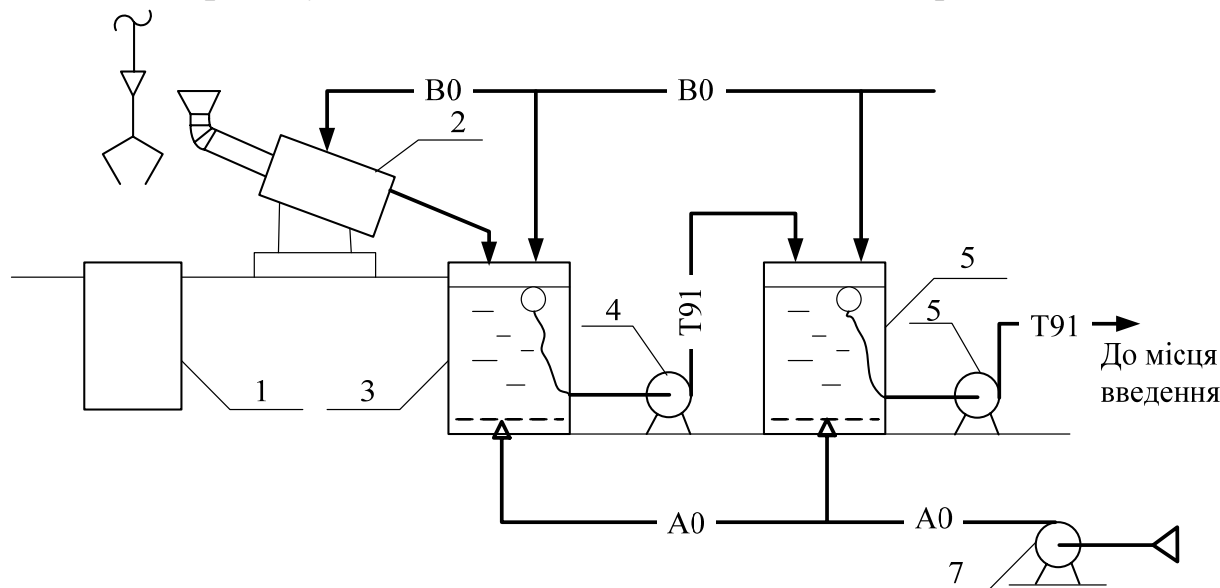


Рис. 3.4 – Схема приготування вапняного молока:

V0 – водопровід; A0 – повітропровід; T91 – вапняне молоко;

1 – склад вапна; 2 – вапногасилка; 3 – бак міцного розчину вапна;

4 – насос для перекачування міцного розчину вапна;

5 – бак 5%-ного розчину вапна; 6 – насос-дозатор; 7 – повітродувка

3.2.4. Знезараження води

Метод знезараження води приймають з урахуванням якості природної води, способу її очистки, надійності знезараження, можливості застосування і зберігання реагентів для знезараження і техніко-економічних розрахунків.

Найбільш часто на господарсько-питних водопроводах для знезараження застосовують хлорування з використанням рідкого або газоподібного хлору. На спорудах невеликої продуктивності, а також для знезараження підземних вод може бути використане хлорування гіпохлоритом натрію або бактерицидне випромінювання.

Метод знезараження приймаємо згідно з [1].

Дозу хлорвміщуючих реагентів (за активним хлором) при попередньому хлоруванні та для поліпшення процесу коагулювання та знебарвлення води, а також для покращення санітарного стану споруд слід приймати 3-10 мг/дм³ [1]. Реагенти слід вводити за 1-3 хв. до введення коагулянтів.

Дозу хлорвміщуючих реагентів (за активним хлором) при хлоруванні після фільтрування слід приймати для вод поверхневих джерел 2-3 мг/дм³ [1].

Для знезараження передбачена хлораторна установка з вакуумними газодозаторами, розрахована на попереднє хлорування дозою $D_{1x}=5$ мг/дм³ і вторинне хлорування дозою $D_{2x}=3$ мг/дм³ [1].

Необхідну витрату хлору визначимо за формулою

$$M_x = M_{1x} + M_{2x} = \frac{D_{1x} \cdot Q_{oc}}{1000 \cdot 24} + \frac{D_{2x} \cdot Q_{oc}}{1000 \cdot 24}, \text{ кг/год}, \quad (3.18)$$

$$M_x = \frac{5 \cdot 3530}{1000} + \frac{3 \cdot 3530}{1000} = 17,65 + 10,59 = 28,24 \text{ кг/год або } 677,76 \text{ кг/доб.}$$

Відповідно необхідна кількість рідкого хлору на місяць

$$M_x = 30 \cdot 677,76 = 20332,8 \text{ кг.}$$

Хлор на станцію доставляють у контейнерах (бочках) місткістю 1000 л і зберігають на складі. Через те, що маса рідкого хлору в бочці складає 1250 кг, то на складі має зберігатися $20332,8 / 1250 = 17$ бочок.

Перетворюють рідкий хлор у газоподібний у випарниках змієвикового типу. Хлор-газ, що утворився, проходить через балон-грязьовик до хлораторів, якими дозують хлор. З хлораторів виходить хлорна вода, яка подається в оброблювану воду.

Витрату води для роботи хлораторів первинного хлорування можна визначити за формулою

$$Q_{1x} = \frac{D_{1x} \cdot Q'_{oc} \cdot K_x}{1000} = \frac{5 \cdot 84720 \cdot 0,6}{1000} = 254,17 \text{ м}^3/\text{діб}, \quad (3.19)$$

де K_x - розрахункова витрата води для роботи хлораторів [1], 0,6 м³ на 1 кг хлору.

Витрату води для роботи хлораторів вторинного хлорування визначаємо за формулою

$$Q_{2x} = \frac{D_{2x} (Q_{пол} + Q_{вк} + Q_{ПАА} + Q_{1x}) \cdot K_x}{1000}, \text{ м}^3/\text{діб}, \quad (3.20)$$

$$Q_{2x} = \frac{3 \cdot (80000 + 135,28 + 132,5 + 254,17) \cdot 0,6}{1000} = 145 \text{ м}^3/\text{діб}.$$

Хлоратори обираємо за *Додатком 6*.

Для первинного хлорування прийняті три вакуумних хлоратори ЛОНП-100 (один з них резервний) продуктивністю 10 кг/год кожний. Для вторинного хлорування прийняті два хлоратори такої ж марки продуктивністю 10 кг/год кожний. Продуктивність хлораторів ЛОНП-100 змінюється від 1 до 12 кг/год залежно від матеріалу поплавця в ротаметрі.

Хлорна вода подається в оброблювану напірними гумовими рукавами внутрішнього діаметра 25 мм, що прокладені під землею у футлярах з азбестоцементних труб.

3.3. Складання балансової схеми

Балансова схема є безмасштабною і показує надходження і розподіл витрат води і стоків (у м³/доб) між різними спорудами.

Складання балансової схеми починають з останньої споруди за ходом руху води та продовжують одночасно із розрахунками споруд.

Витрата води, що надходить від насосної станції 2 підйому, дорівнює заданій у вихідних даних корисній продуктивності водоочисних споруд $Q_{\text{кор}} = 80 \text{ тис. м}^3/\text{доб}$.

Витрата води, що надходить до насосної станції 2 підйому, дорівнює

$$Q_{\text{НС2п}} = Q_{\text{кор}} + Q_{\text{х}} + Q_{\text{вк}} + Q_{\text{ПАА}} + Q_{\text{вл}} = ; \\ = 80000 + 399,17 + 135,28 + 132,5 + 0 = 80666,95 ;$$

Витрата води, що надходить до РЧВ, дорівнює

$$Q_{\text{РЧВ}} = Q_{\text{НС2п}} + Q_{\text{пф}} = 80666,95 + 3110 = 83776,95 ;$$

де $Q_{\text{пф}}$ - витрата води, необхідної для промивання фільтрів, м³/доб.; визначають при розрахунку швидких фільтрів.

Витрата води, що надходить на фільтрування, дорівнює

$$Q_{\text{ф}} = Q_{\text{кор}} + Q_{\text{вк}} + Q_{\text{ПАА}} + Q_{\text{вл1}} + Q_{\text{х1}} + Q_{\text{пф}} = Q_{\text{РЧВ}} - (Q_{\text{л2}} + Q_{\text{х2}}) = ; \\ = 83776,95 - (0 + 145) = 83631,95$$

Витрата води, що надходить на відстоювання (до відстійників та камер утворення пластівців), дорівнює

$$Q_{\text{відст}} = Q_{\text{куп}} = Q_{\text{ф}} - Q_{\text{ПАА2}} + Q_{\text{о.відст}} = 83631,95 - 0 + 1234,5 = 84866,45 ;$$

де $Q_{\text{о.відст.}}$ - витрата води, що скидається разом з осадом з відстійників, м³/доб.; визначають при розрахунку відстійників.

Витрата води, що надходить до змішувача, дорівнює

$$Q_{\text{в.зм}} = Q_{\text{куп}} - Q_{\text{ПАА1}} = 84866,45 - 132,5 = 84733,95 ;$$

Витрата води, що надходить від водозабору в насосну станцію I підйому дорівнює

$$Q_{\text{НС1п}} = Q_{\text{в.зм}} - (Q_{\text{пф}} + Q_{\text{вк}} + Q_{\text{вл1}} + Q_{\text{х1}}) = \\ = 84733,95 - (3110 + 135,28 + 0 + 254,17) = 81234,5$$

Балансова схема для даного розрахунку приведена на рис. 3.5.

3.4. Розрахунок швидких фільтрів

До проектування прийняті одношарові швидкі фільтри із завантаженням різної крупності. Завантаження фільтра прийняте згідно з даними [1, табл. 21] (Додаток 7).



Площу фільтрування знаходимо за формулою

22

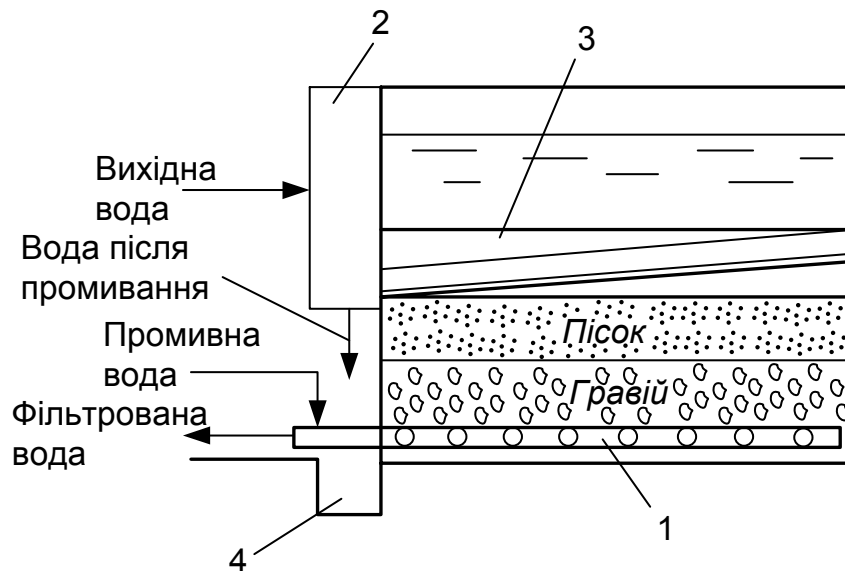


Рис. 3.6 - Схема швидкого фільтру з кварцовим завантаженням:

- 1 – розподільча трубчаста система; 2 – боковий карман;
3 – жолоба для розподілення оброблюваної води та відведення промивної;
4 – відвідний канал

де m - тривалість роботи станції протягом доби, год.;

$V_{рн}$ - розрахункова швидкість фільтрування при нормальному режимі, м/год, приймається згідно з [1, табл. 21] (Додаток 6);

n - кількість промивань кожного фільтра за добу при нормальному режимі експлуатації;

W - інтенсивність промивання, л/с м² [1, табл. 23] (Додаток 6);

t_1 - тривалість промивання, год. [1, табл. 23] (Додаток 6);

t_2 - час простою фільтра в зв'язку з промиванням, год.

$$F = \frac{80000 + 135,28 + 132,5 + 254,17}{24 \cdot 8 - 3,6 \cdot 2 \cdot 16 \cdot 0,1 - 2 \cdot 0,33 \cdot 8} = \frac{80654,23}{175,2} = 460,35 \text{ м}^2.$$

Кількість фільтрів визначаємо за формулою

$$N = \frac{1}{2} \sqrt{F} = \frac{1}{2} \sqrt{460,35} = 10,7. \quad (3.22)$$

При виборі кількості фільтрів слід також враховувати особливості комплектування станції, тому кількість прийнятих фільтрів може бути як більше, так і менше N . Фільтр може мати розміри, кратні 1,5 м. Площа одного фільтра має бути не більше 120 м².

Приймаємо 10 фільтрів з розмірами 6х9 м, площа кожного фільтра $f=54$ м² (повинна бути більше $460,35 : 10 = 46,035$ м²). Визначимо швидкість фільтрування при нормальному режимі – 1 фільтр у промиванні - V_H і при форсованому режимі – 2 фільтри не працюють (один у промиванні, другий в ремонті) - V_{ϕ} :

$$V_H = \frac{(Q_{\text{пол}} + Q_{\text{вк}} + Q_{\text{ПАА}} + Q_{\text{х1}})}{24 \cdot f \cdot (N - 1)} = \frac{80654,23}{24 \cdot 54 \cdot (10 - 1)} = 6,9 \text{ м/год.} \quad (3.23)$$

($V_H = 6-8$ м/год [1, табл. 21] (Додаток 6));

$$V_{\text{ф}} = \frac{(Q_{\text{пол}} + Q_{\text{вк}} + Q_{\text{ПАА}} + Q_{\text{х1}})}{24 \cdot f \cdot (N - 2)} = \frac{80654,23}{24 \cdot 54 \cdot (10 - 2)} = 7,8 \text{ м/год.} \quad (3.24)$$

($V_H = 7-9,5$ м/год [1, табл. 21] (Додаток 6)).

Швидкості фільтрування не перевищують гранично допустимих величин (інакше треба збільшувати кількість фільтрів або їхні розміри).

Кількість промивної води, необхідної для одного фільтра дорівнює

$$q_{\text{пр}} = f \cdot W = 54 \cdot 16 = 864 \text{ л/с} = 3110 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (3.25)$$

Для рівномірного розподілу промивної води в нижній частині збірному каналу фільтра влаштовують глухий розподільчий канал прямокутного перерізу, до якого підводиться трубопровід промивної води.

Для видалення повітря з трубопроводу, що подає воду на промивання фільтрів, у підвищених місцях розподільчої системи передбачається установка стояків з автоматичним пристроєм для випуску повітря.

Збір і відведення забрудненої води при промиванні швидких фільтрів здійснюються за допомогою жолобів, розташованих над поверхнею фільтруючого завантаження.

При пропуску промивної води треба враховувати втрати напору, що складаються з таких величин:

- втрати напору в отворах труб розподільчої системи фільтра;
- втрати напору у фільтруючому шарі;
- втрати напору в гравійних підтримуючих шарах;
- втрати напору в трубопроводі, що подає промивну воду.

Діаметри трубопроводів, які підводять освітлювану і промивну воду і відводять прояснену і воду після промивання, можуть бути визначені згідно з [5] відповідно до заданої витрати і швидкості руху води, що рекомендується.

3.5. Розрахунок горизонтальних відстійників та камер утворення пластівців

Горизонтальні відстійники застосовують для освітлення води до $8-12 \text{ мг/дм}^3$ за завислими речовинами.

У даному проекті прийняті горизонтальні відстійники з вбудованою камерою утворення пластівців.

3.5.1. Розрахунок відстійників

Спочатку визначаємо кількість води, що надходить у відстійники. Вона дорівнюватиме сумі витрати води, що надходить на фільтр, і води, що скидається з відстійника разом з осадом.

Знаходимо витрату води, що скидається разом з осадом з відстійників.

Об'єм зони накопичення і ущільнення осаду

$$W_{3.Н.} = \frac{Q_{ос} \cdot (C - m) \cdot T}{N \cdot \delta}, \text{ м}^3, \quad (3.26)$$

де C - загальна кількість осаду, що утворився у відстійнику, мг/л:

$$C = M + K \cdot D_K + 0,25 \cdot Ц + B, \text{ мг/л}, \quad (3.27)$$

де M - масова концентрація завислих речовин у вихідній воді, г/м³;

K - перекладний коефіцієнт, який для очищеного сульфату алюмінію дорівнює 0,55;

B - кількість нерозчинних речовин, що вводяться з вапном для підлуження води, мг/л:

$$B = (1 - 0,4) \cdot D_B, \quad (3.28)$$

де D_B - доза вапна, мг/л; 0,4 - вміст СаО у вапні;

m - масова концентрація суспензії у відстояній воді, мг/л;

T - період роботи між скиданнями осаду, діб, $T=1$ діб;

N - кількість відстійників, приймається рівною кількості фільтрів;

δ - середня концентрація ущільненого осаду, г/м³ [1, табл. 19]

$$B=0, \text{ тому що } D_B=0;$$

$$C = 242 + 0,55 \cdot 84 + 0,25 \cdot 45 + 0 = 299,45 \text{ г/м}^3;$$

$$W_{3.Н.} = \frac{84722 \cdot (299,45 - 8) \cdot 1}{10 \cdot 30000} = 82,3 \text{ м}^3.$$

Об'єм осаду, що накопичується протягом доби у всіх відстійниках:

$$W'_{3.Н.} = W_{3.Н.} \cdot N = 82,3 \cdot 10 = 823 \text{ м}^3. \quad (3.29)$$

Витрату води, що скидається разом з осадом з відстійників, знаходимо за формулою

$$Q_{о.відст.} = K_p \cdot W_{3.Н.}, \text{ м}^3/\text{діб}, \quad (3.30)$$

де K_p - коефіцієнт розведення осаду, прийнятий згідно [1].

$$Q_{о.відст.} = 1,5 \cdot 823 = 1234,5 \text{ м}^3/\text{діб}.$$

Витрата води, що надходить у відстійники і камери утворення пластівців

$$Q_{відст.} = Q_{кх} = Q_{ф} + Q_{о.відст.} = 83631,95 + 1234,5 = 84866,45 \text{ м}^3/\text{діб} \quad (3.31)$$

$$\text{або } 3536,1 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Приймаємо до проектування горизонтальні відстійники з розосередженим за площею збором води.

Площа горизонтальних відстійників у плані

$$F = \alpha \cdot \frac{Q_{відст.}}{3,6 \cdot U_0}, \text{ м}^2, \quad (3.32)$$

де α - коефіцієнт, що враховує зважуючий вплив потоку, для відстійників з розосередженим збором води $\alpha=1$;

U_0 - гідравлічна крупність суспензії, приймається згідно з [1].

$$F = 1 \cdot \frac{3536,1}{3,6 \cdot 0,6} = 1637,1 \text{ м}^2.$$

Ширина відстійника

$$B_{\text{відст.}} = \frac{Q_{\text{відст.}}}{3,6 \cdot V_{\text{ср}} \cdot H \cdot N}, \text{ м}, \quad (3.33)$$

де $V_{\text{ср}}$ - середня горизонтальна швидкість руху води у відстійнику, мм/с [1, п. 6.68];

H - середня висота зони осадження, м.

$$B_{\text{відст.}} = \frac{3536,1}{3,6 \cdot 7 \cdot 2,5 \cdot 10} = 5,61 \text{ м}.$$

Приймаємо $B_{\text{відст.}} = 6 \text{ м}.$

Довжина відстійника

$$L_{\text{відст.}} = \frac{F}{B_{\text{відст.}} \cdot N} = \frac{1637,1}{6 \cdot 10} = 27,3 \text{ м}. \quad (3.34)$$

Приймаємо $L_{\text{відст.}} = 30 \text{ м}.$

Висота зони накопичення осаду

$$H_{\text{з.н.}} = \frac{W_{\text{з.н.}}}{L_{\text{відст.}} \cdot N} = \frac{82,3}{30 \cdot 10} = 0,27 \text{ м}. \quad (3.35)$$

Приймаємо $H_{\text{з.н.}} = 1 \text{ м}.$

Загальна висота відстійника дорівнює $2,5 + 1 = 3,5 \text{ м}.$

Видалення осаду з відстійників передбачається гідравлічним способом за допомогою дірчастих труб. У кожному відділенні по дну влаштовують дві труби на відстані 3 м одна від одної. Видалення осаду виконують без припинення роботи відстійників. Кількість осаду, що скидається відстійниками, визначаємо за формулою

$$P_{\text{ос}} = \frac{Q_{\text{відст.}} \cdot T \cdot (C - m)}{N \cdot 1000 \cdot 1000} = \frac{84866,45 \cdot 1 \cdot (299,45 - 8)}{10 \cdot 1000 \cdot 1000} = 2,47 \text{ т}. \quad (3.36)$$

Збір проясненої води розосереджений, здійснюється горизонтальними підвісними жолобами із затопленими отворами діаметром 30 мм. Жолоби встановлюють на ділянці в $2/3$ довжини відстійника від торцевої стінки. Використовується жолоб прямокутного перерізу.

3.5.2. Розрахунок камери утворення пластівців

Прийнята до проектування камера утворення пластівців із шаром завислого осаду з розподілом води за площею камери за допомогою перфорованих каналів. Камери цього типу застосовують для вод середньої каламутності та каламутних вод.

Кількість камер утворення пластівців $N_{\text{уп}}$ приймаємо рівною кількості горизонтальних відстійників - 10.

Витрата води на 1 камеру дорівнює

$$q_{\text{уп}} = Q_{\text{відст.}} / N_{\text{уп}} = 84866,45 / 10 = 8486,6 \text{ м}^3/\text{діб} = 353,6 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (3.37)$$

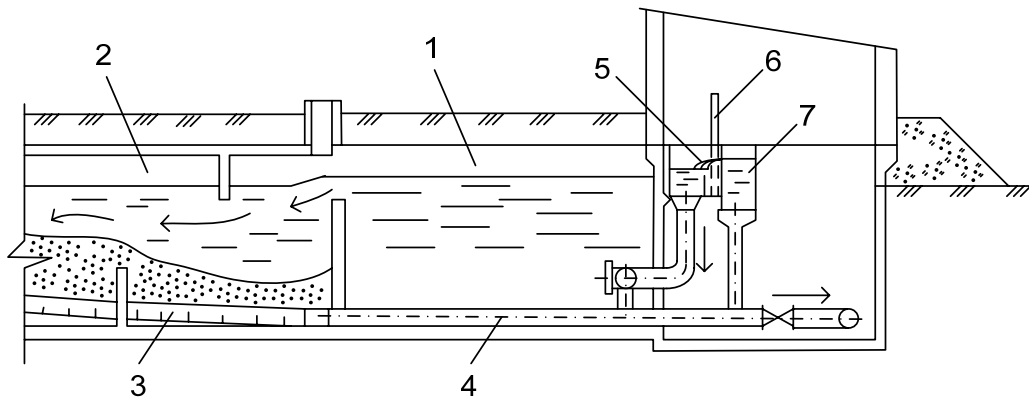


Рис. 3.7 - Вбудована камера утворення пластівців із завислим осадом:
1 – камера утворення пластівців; 2 – горизонтальний відстійник; 3 – дірчастий канал для спуску осаду; 4 – випуск осаду з відстійника; 5 – подача води через водозлив; 6 – шибер; 7 – канал зі змішувача

Виходячи з якості води (середньої мутності), швидкість висхідного потоку згідно з [1] приймаємо 1,6 мм/с.

Площа камери утворення пластівців

$$F_{\text{уп}} = \frac{q_{\text{уп}}}{3,6 \cdot V_{\text{к}}}, \text{ м}^2, \quad (3.38)$$

де $V_{\text{к}}$ - швидкість висхідного потоку води у верхньому перерізі, мм/с.

Висхідну швидкість руху води приймають за п. 6.56 [1] при освітленні вод середньої каламутності – 0,65-1,6 мм/с, для каламутних вод – 0,8-2,2 мм/с. Виходячи з якості води (середньої мутності), швидкість висхідного потоку приймаємо 1,6 мм/с.

$$F_{\text{уп}} = \frac{353,6}{3,6 \cdot 1,6} = 61,39 \text{ м}^2.$$

Розміри камери приймаємо такі: ширина 6 м (за шириною відстійника), довжина $61,39 / 6 = 10 \text{ м}$.

Глибину камери визначають, виходячи з величини висхідної швидкості води і часу перебування води в камері

$$H_{\text{уп}} = \frac{60 \cdot V_{\text{к}} \cdot t}{1000} = \frac{60 \cdot 1,6 \cdot 30}{1000} = 2,9 \text{ м},$$

де t - час перебування води в камері утворення пластівців, хв.; приймають $t=20$ -30 хв.

Приймаємо $H_{\text{уп}} = 3 \text{ м}$, тоді об'єм камери дорівнює $W_{\text{кх}} = 6 \cdot 10 \cdot 3 = 180 \text{ м}^3$, а фактичний час перебування води в камері утворення пластівців

$$t = \frac{W_{\text{кх}}}{q_{\text{кх}}} = \frac{180,0}{353,6} = 0,5 \text{ год} = 30 \text{ хв.} \geq 20 \text{ хв. [1]}, \quad (3.39)$$

Шар завислого осаду приймаємо 2,5 м.

Розподіл води за площею камери утворення пластівців передбачений за допомогою перфорованих розподільних труб з отворами, спрямованими горизонтально. У кожній камері розміщують дві труби на відстані за осями 3 м і до стін 1,5 м. Площа отворів діаметром 25 мм у стінці перфорованої розподільної труби складає 30-40% площі її поперечного перерізу.

З камери в горизонтальний відстійник воду відводять над затопленим водозливом. Верх стінки водозливу розташовують нижче рівня води у відстійнику. За стінкою водозливу встановлюють підвісну перегородку, занурену на $\frac{1}{4}$ висоти відстійника, щоб відхиляти потік води донизу [1]. Швидкість між стінкою водозливу і перегородкою має бути не більше 0,03 м/с.

3.6. Розрахунок змішувачів

Вертикальні змішувачі вихрового типу застосовують в разі надходження на очисні споруди води з крупнодисперсними завислими частками. За конструкцією вертикальний змішувач – це резервуар круглого або прямокутного (квадратного) поперечного перерізу в плані з конічним або пірамідальним днищем.

Вихідна вода подається до нижньої частини (днища) змішувача, де в трубопроводі подачі води вводять реагенти. Потім вода підіймається зі швидкістю, що поступово зменшується. У верхній частині змішувача розміщені лотки з отворами або дірчасті труби для збору води.

Тривалість перебування води у змішувачі становить 1,5-2 хв.

Відповідно до п. 6.45 [1], діаметр вхідного отвору в змішувач приймають, виходячи з величини швидкості руху води 1,2-1,5 м/с, швидкість висхідного руху води у верхній частині змішувача (під водозбірним пристроєм) – 30-40 мм/с, а в кінці водозбірного лотка – 0,6 м/с.

Розрахункова витрата 84733,95 м³/діб або 3530,6 м³/год, або 980,7 л/с. Змішувач, квадратний у плані, складається з прямокутної верхньої і пірамідальної нижньої частин.

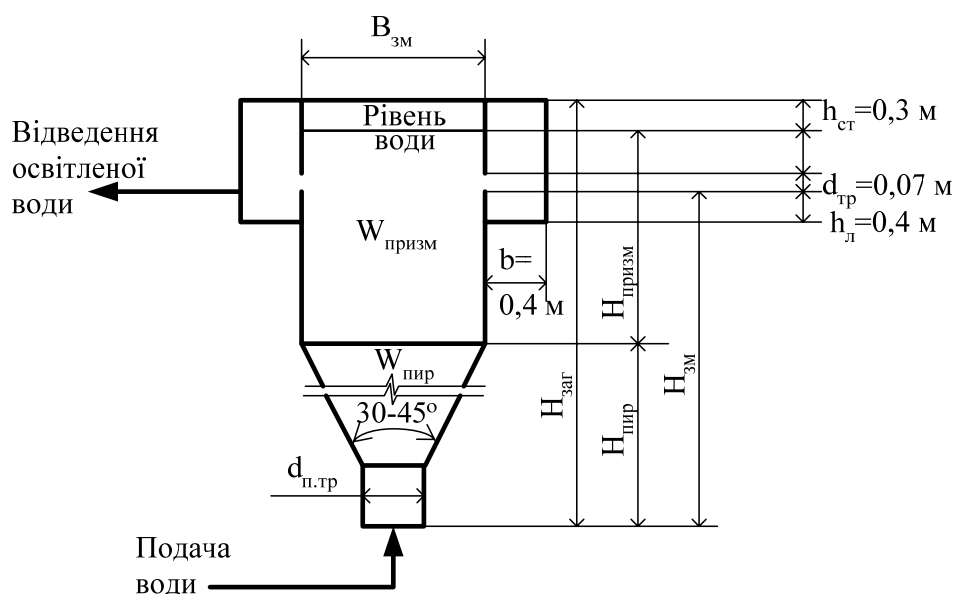


Рис. 3.8 – Схема вертикального змішувача

Розрахункова витрата одного змішувача має бути не більше 1500 м³/год. або 0,416 м³/с.

Площа горизонтального перетину у верхній частині змішувача

$$f_B = \frac{q_{3M}}{V_B \cdot N_{3M}}, \text{ м}^2, \quad (3.40)$$

де V_B - швидкість руху води на рівні водозбірного лотка, 25 мм/с;

N_{3M} - кількість змішувачів, приймаємо 3.

$$f_B = \frac{3530,6}{3,6 \cdot 25 \cdot 3} = 13,1 \text{ м}^2.$$

Ширина верхньої частини змішувача $B_{3M} = \sqrt{f_B} = \sqrt{13,1} = 3,6 \text{ м}.$

Трубопровід, що подає оброблювану воду в нижню частину змішувача, має внутрішній діаметр 500 мм, зовнішній – $d_{\text{тр}} = 530 \text{ мм}.$ Розмір у плані нижньої частини змішувача в місці примикання цього трубопроводу буде 0,53х0,53 м, а площа нижньої частини усіченої піраміди складе 0,281 м².

Приймаємо величину центрального кута 40° (згідно п. 6.45 [1]). Тоді висота нижньої (пірамідальної) частини змішувача дорівнюватиме

$$H_{\text{пир}} = \frac{(B - 0,53)}{2 \cdot \text{tg}20} = \frac{(3,6 - 0,53)}{2 \cdot 0,36} = 4,3 \text{ м}. \quad (3.41)$$

Повний об'єм змішувача складає

$$W_{3M} = \frac{q_{3M} \cdot t}{60 \cdot N_{3M}} = \frac{3530,6 \cdot 2}{60 \cdot 3} = 39,2 \text{ м}^3, \quad (3.42)$$

де t - тривалість змішування реагенту з масою води, 2 хв.

Об'єм нижньої пірамідальної частини змішувача

$$W_H = \frac{1}{3} H_{\text{пир}} (f_B + f_H + \sqrt{f_B \cdot f_H}) = \frac{1}{3} \cdot 4,3 \cdot (13,1 + 0,281 + \sqrt{13,1 \cdot 0,281}) = 21,9 \text{ м}^3.$$

Об'єм верхньої частини змішувача

$$W_B = W_{3M} - W_H = 39,2 - 21,9 = 17,3 \text{ м}^3.$$

Висота верхньої частини змішувача

$$H_{\text{призм}} = W_B / f_B = 17,3 / 13,1 = 1,3 \text{ м}$$

(має бути від 1 до 1,5 м (п. 6.45 [1])).

Повна висота змішувача дорівнює

$$H = h_H + h_B = 4,3 + 1,3 = 5,6 \text{ м}.$$

Збір води здійснюється у верхній частині змішувача трьома затопленими дірчастими трубами, що відводять воду до збірної бокової кишені. Відстань між трубами за осями 1 м, до стін 0,565 м. Швидкість руху води в трубі $V_{\text{тр}} = 0,6 \text{ м/с}.$ Діаметр отворів на збірних трубах - 30 мм.

3.7. Розрахунок резервуара чистої води

Загальний обсяг РЧВ повинен включати регулюючий W_p , недоторканий протипожежний об'єм води $W_{\text{пож}}$ й об'єм води на два промивання фільтрів $W_{\text{пр}}$:

$$W_{\text{РЧВ}} = W_p + W_{\text{пож}} + W_{\text{пр}}, \text{ м}^3. \quad (3.43)$$

Крім того, слід передбачити об'єм води, необхідної для контакту її з хлором тривалістю не менше 1 год. [1].

Регулюючий об'єм РЧВ W_p можна визначити за сполученими графіками роботи насосів 1 і 2 підйому. Для побудови графіку роботи насосів 2 підйому необхідно визначити коефіцієнт годинної нерівномірності споживання води містом (п. 2.2 та табл. 2 [1]) і побудувати графік водоспоживання.

При кількості жителів у місті 290 тис. чол. коефіцієнт годинної нерівномірності споживання води дорівнюватиме

$$K_{\text{год.мах}} = \alpha_{\text{мах}} \cdot \beta_{\text{мах}} = 1,3 \cdot 1,0525 = 1,368.$$

Графік нерівномірності водоспоживання при коефіцієнті нерівномірності 1,4 приведений на рис. 3.9.

За отриманим коефіцієнтом визначаємо витрати води за годинами доби на господарсько-питне водоспоживання міста (Додаток 8).

Регулюючий об'єм РЧВ визначаємо за табл. 3.1 за найбільшим розрахованим значенням залишку води в РЧВ - $W_p = 8186,67 \text{ м}^3$.

Недоторканий протипожежний об'єм води при тривалості пожежі, рівній 3 год. [1], знаходимо за формулою

$$W_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}} + \Sigma Q_{\text{макс}} - Q_I, \text{ м}^3, \quad (3.44)$$

де $Q_{\text{пож}}$ - витрата води для гасіння пожежі, м^3 ;

$\Sigma Q_{\text{макс}}$ - сумарна витрата за 3 год. найбільшого водоспоживання (приймається за табл. 3.1 або рис. 3.9), м^3 ;

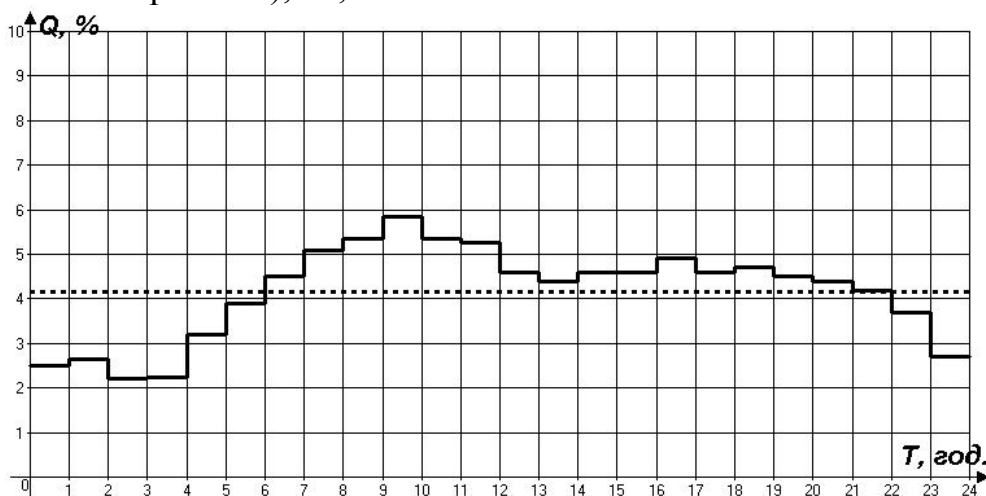


Рис. 3.9 – Графік нерівномірності водоспоживання при коефіцієнті нерівномірності 1,4

Таблиця 3.1 – Подача і відбір води з РЧВ, м³

Години доби	Подача НС 1 підйому	Подача НС 2 підйому		Надходження води до РЧВ	Відбір води з РЧВ	Залишок води в РЧВ
		%	м ³			
0-1	3333,33	2,5	2000,00	1333,33	-	2880,00
1-2	3333,33	2,65	2120,00	1213,33	-	4093,33
2-3	3333,33	2,2	1760,00	1573,33	-	5666,67
3-4	3333,33	2,25	1800,00	1533,33	-	7200,00
4-5	3333,33	3,2	2560,00	773,33	-	7973,33
5-6	3333,33	3,9	3120,00	213,33	-	8186,67
6-7	3333,33	4,5	3600,00	-	266,67	7920,00
7-8	3333,33	5,1	4080,00	-	746,67	7173,33
8-9	3333,33	5,35	4280,00	-	946,67	6226,67
9-10	3333,33	5,85	4680,00	-	1346,67	4880,00
10-11	3333,33	5,35	4280,00	-	946,67	3933,33
11-12	3333,33	5,25	4200,00	-	866,67	3066,67
12-13	3333,33	4,6	3680,00	-	346,67	2720,00
13-14	3333,33	4,4	3520,00	-	186,67	2533,33
14-15	3333,33	4,6	3680,00	-	346,67	2186,67
15-16	3333,33	4,6	3680,00	-	346,67	1840,00
16-17	3333,33	4,9	3920,00	-	586,67	1253,33
17-18	3333,33	4,6	3680,00	-	346,67	906,67
18-19	3333,33	4,7	3760,00	-	426,67	480,00
19-20	3333,33	4,5	3600,00	-	266,67	213,33
20-21	3333,33	4,4	3520,00	-	186,67	26,67
21-22	3333,33	4,2	3360,00	-	26,67	0,00
22-23	3333,33	3,7	2960,00	373,33	-	373,33
23-24	3333,33	2,7	2160,00	1173,33	-	1546,67
	80000		80000,00	8186,67	8186,67	

Q_I - сумарна витрата води за 3 год., що надходить від насосної станції 1 підйому в РЧВ, м³.

Витрата води $Q_{\text{пож}}$ була визначена в розділі 4 і складає 2322 м³.

$$\Sigma Q_{\text{макс}} = \frac{80000 \cdot 5,85 + 80000 \cdot 5,35 + 80000 \cdot 5,35}{100} = 13240 \text{ м}^3;$$

$$Q_I = \frac{80000 \cdot 4,17 \cdot 3}{100} = 10008 \text{ м}^3;$$

$$W_{\text{пож}} = 2322 + 13240 - 10008 = 5554 \text{ м}^3.$$

Запас води на промивання фільтрів слід передбачати з урахуванням двох промивань одного фільтра [1]. З розрахунку фільтрів приймаємо витрату води для промивання одного фільтра 864 л/с і визначаємо об'єм води, необхідної для двох промивань:

$$W_{\text{пр}} = 864 \cdot 3,6 \cdot 0,1 \cdot 2 = 622,08 \text{ м}^3.$$

$$\text{Загальний об'єм РЧВ } W_{\text{РЧВ}} = 8186,67 + 5554 + 622 = 14363 \text{ м}^3.$$

Приймаємо чотири РЧВ місткістю 3900 м³ кожний - ширина 24 м, довжина 36 м, висота (будівельна) 4,8 м (Додаток 9).

3.8. Повторне використання промивних вод

З метою охорони природних джерел водопостачання і скорочення витрати води на власні потреби водоочисних споруд застосовується повторне використання води після промивання фільтрів.

Запропоновано наступну технологічну схему повторного використання промивної води [1]: скид від промивання фільтрів надходить у резервуар-усереднювач, з якого вода рівномірно протягом доби перекачується в головний вузол водоочисних споруд (перед змішувачем). Відстоювання води в резервуарі-усереднювачі не передбачається.

Для вилучення піску з промивної води перед резервуаром-усереднювачем встановлюють горизонтальний піскоуловлювач. Пісок з осадової частини піскоуловлювача періодично видаляється в міру нагромадження і транспортується за допомогою ежектора на площадки для зберігання піску.

Скид з відстійників направляється на споруди для зневоднювання осаду, розрахунок і проектування яких у нашому прикладі не розглядається.

3.8.1. Розрахунок піскоуловлювача

Розрахункова витрата промивної води, що надходить у піскоуловлювач, дорівнює $q_{\text{пр}} = 864 \text{ л/с} = 0,864 \text{ м}^3/\text{с}$.

Приймаємо два відділення піскоуловлювача. Площу живого перерізу кожного відділення визначаємо за формулою

$$\omega = \frac{q_{\text{пр}}}{V_n \cdot n}, \text{ м}^2, \quad (3.45)$$

де V_n - середня швидкість руху води, 0,3 м/с;

n - кількість відділень піскоуловлювача.

$$\omega = \frac{0,864}{0,3 \cdot 2} = 1,44 \text{ м}^2.$$

Глибину проточної частини приймаємо $h_n = 0,8 \text{ м}$. Ширина відділення дорівнює

$$b_n = \omega / h_n = 1,44 / 0,8 = 1,8 \text{ м}. \quad (3.46)$$

Глибина осадової частини $h_{o.n} = 0,5 \cdot h_n = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$ м.

Запас висоти над рівнем води в піскоуловлювачі $h_{з.п.}$ приймаємо 0,2 м. За умови тривалості перебування промивної води в піскоуловлювачі $t_n = 30$ секунд, визначаємо довжину робочої частини піскоуловлювача:

$$l_n = V_n \cdot t_n = 0,3 \cdot 30 = 9,0 \text{ м.} \quad (3.47)$$

Кут нахилу стінок камер для піску до обрію 60° . Піскоуловлювач обладнують скребковим механізмом із самохідним візком, що згрібає пісок до приямка стаціонарного сталевого гідроелеватора, за допомогою якого пісок пульпопроводами транспортується в резервуар, що знаходиться на пісковій площадці й обладнаний дренажною системою, яка складається з труб із щілинними ковпачками.

Відфільтрована вода з резервуара самотливом направляється в піскоуловлювач. Пісок з піскового резервуара тельфером з перекидною баддею подається на піскову площадку.

Об'єм робочої частини піскового резервуара прийнятий рівним двом об'ємам осадової частини обох відділень піскоуловлювача:

$$W_{п.рез} = 2 \cdot 2 \cdot l_n (b_n - h_{o.n} \cdot \text{ctg} 60) \cdot h_{o.n}, \text{ м}^3, \quad (3.48)$$

$$W_{п.рез} = 2 \cdot 2 \cdot 9 \cdot (1,8 - 0,4 \cdot 0,578) \cdot 0,4 = 22,59 \text{ м}^3.$$

Для установки прийнятий залізобетонний резервуар розміром у плані 3×3 м і робочою висотою 2,5 м.

3.8.2. Розрахунок резервуара-усереднювача

Резервуар-усереднювач для збору промивної води являє собою залізобетонний резервуар, що складається з двох секцій.

Об'єм резервуара-усереднювача визначаємо за табл. 3.2.

Кількість промивної води, необхідної для промивання одного фільтра дорівнює

$$q_{пр} = f \cdot W = 54 \cdot 16 = 864 \text{ л/с} = 3110 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Тривалість промивання складає 6 хв. або 0,1 год. Об'єм води, який витрачають за одне промивання, складає

$$W_{пр} = q_{пр} \cdot t_1 = 3110 \cdot 0,1 = 311 \text{ м}^3.$$

На станції 10 фільтрів, кожний промивають 2 рази за добу. Приймаємо, що за годину промивають 2 фільтри.

За результатами розрахунку (табл. 3.2) регулююча місткість резервуара-усереднювача $W_{р.у.} = 1814,17 \text{ м}^3$.

Приймаємо два стандартних резервуара-усереднювача (зі збірною залізобетону) шириною 12, довжиною 18 і висотою 4,8 м, кожний розділений перегородкою на дві секції шириною по 6 м.

Щоб уникнути осідання шламу від промивних вод, у резервуарі передбачена циркуляція води, для чого встановлюється насос, що забирає воду з приямка резервуара-усереднювача і подає її в протилежний кінець резервуара. Роз-

поділ води здійснюється дірчастою трубою, прокладеною на дні резервуара уздовж короткої стіни.

Таблиця 3.2 – Визначення місткості резервуара-усереднювача

<i>Години доби</i>	<i>Подача промивної води, м³</i>	<i>Відкачка насосами, м³</i>	<i>Надходження в резервуар, м³</i>	<i>Витрата з резервуара, м³</i>	<i>Залишок у резервуарі, м³</i>
0-1	622	259,17	362,83	-	362,83
1-2	622	259,17	362,83	-	725,67
2-3	622	259,17	362,83	-	1088,50
3-4	622	259,17	362,83	-	1451,33
4-5	622	259,17	362,83	-	1814,17
5-6	-	259,17	-	259,17	1555,00
6-7	-	259,17	-	259,17	1295,83
7-8	-	259,17	-	259,17	1036,67
8-9	-	259,17	-	259,17	777,50
9-10	-	259,17	-	259,17	518,33
10-11	-	259,17	-	259,17	259,17
11-12	-	259,17	-	259,17	0,00
12-13	622	259,17	362,83	-	362,83
13-14	622	259,17	362,83	-	725,67
14-15	622	259,17	362,83	-	1088,50
15-16	622	259,17	362,83	-	1451,33
16-17	622	259,17	362,83	-	1814,17
17-18	-	259,17	-	259,17	1555,00
18-19	-	259,17	-	259,17	1295,83
19-20	-	259,17	-	259,17	1036,67
20-21	-	259,17	-	259,17	777,50
21-22	-	259,17	-	259,17	518,33
22-23	-	259,17	-	259,17	259,17
23-24	-	259,17	-	259,17	0,00
РАЗОМ	6220	6220	3628,33	3628,33	

3.9. Висотна схема розташування споруд для очищення води

Споруди для очистки води необхідно розташовувати за природним схилом місцевості з урахуванням втрат напору в спорудах і комунікаціях. Найбільш економічним рішенням є компонування змішувачів, камер реакції, відстійників, фільтрів, реагентного господарства в одній будівлі, з розміщенням вказаних споруд на різних позначках залежно від втрат напору в спорудах і комунікаціях. Остаточні величини перепадів рівнів у спорудах визначають за гідравлічним розрахунком.

Для попереднього висотного розташування споруд з метою визначення рівнів у спорудах згідно п. 6.138 [1] можна прийняти такі втрати напору:

у спорудах

- | | |
|--|----------|
| ▶ на сітчастих барабанних фільтрах (барабанних сітках і мікрофільтрах) | 0,4-0,6 |
| ▶ у вхідних (контактних) камерах | 0,3-0,5 |
| ▶ у пристроях для введення реагентів | 0,1-0,3 |
| ▶ у гідравлічних змішувачах | 0,5-0,6 |
| ▶ у механічних змішувачах | 0,1-0,2 |
| ▶ у гідравлічних камерах реакції | 0,4-0,5 |
| ▶ у механічних камерах реакції | 0,1-0,2 |
| ▶ у відстійниках | 0,7-0,8 |
| ▶ в освітлювачах із завислим шаром осаду | 0,7-0,8 |
| ▶ на швидких фільтрах | 3,0-3,5 |
| ▶ у контактних освітлювачах і префільтрах | 2,0-2,5 |
| ▶ у повільних фільтрах | 1,5-2,0; |

у з'єднувальних комунікаціях

- | | |
|--|---------|
| ▶ від сітчастих барабанних фільтрів або вхідних камер до змішувачів | 0,2 |
| ▶ від змішувачів до відстійників, освітлювачів із завислим шаром осаду і контактних освітлювачів | 0,3-0,4 |
| ▶ від відстійників, освітлювачів із завислим шаром осаду або префільтрів до фільтрів | 0,5-0,6 |
| ▶ від фільтрів або контактних освітлювачів до резервуарів фільтрованої води | 0,5-1. |

Складання висотної схеми починають з найбільш низько розташованої споруди – РЧВ. Позначку найвищого рівня води в ньому звичайно приймають з економічних і санітарних міркувань на 0,25-0,5 м вище позначки поверхні землі. Потім, задаючись втратами напору в спорудах і сполучних комунікаціях [1, п. 6.219], знаходять позначки рівня води в окремих спорудах.

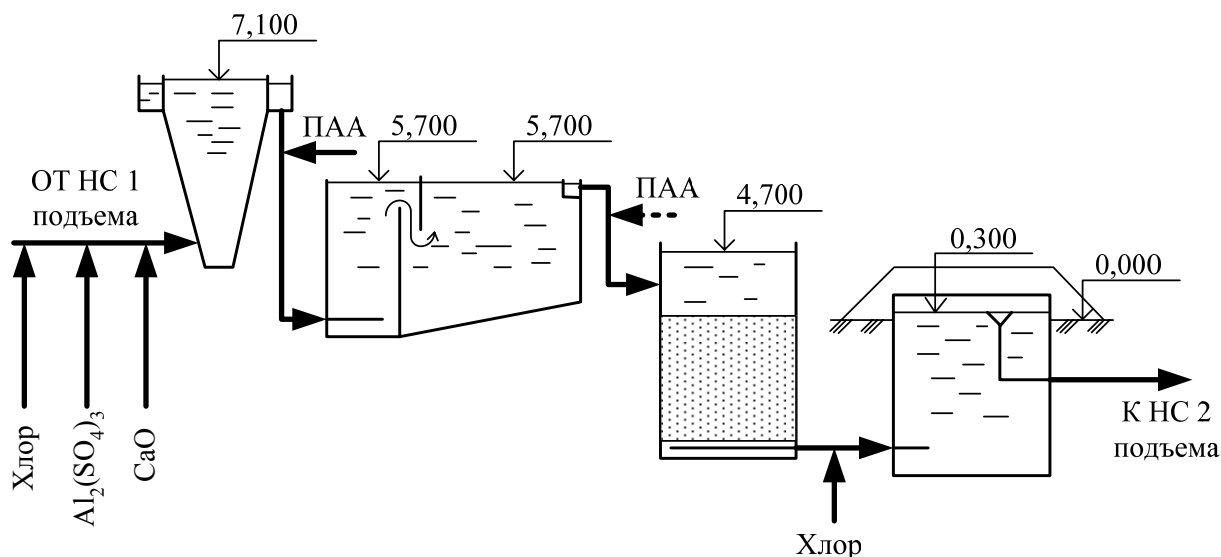


Рис. 3.10 – Висотна схема основних споруд водоочисної станції:
 1 – вертикальний змішувач; 2- камера утворення пластівців;
 3 – горизонтальний відстійник; 4 – швидкий фільтр; 5 – резервуар чистої води

РЕКОМЕНДОВАНИЙ СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.02-84: утв. Госстроем СССР 27.07.84: ввод в действие с 1.01.85. - М. : Госстрой, 1986. – 136 с.
2. Канализация. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.03-85: утв. Госстроем СССР 28.05.86: взамен СНиП II-32-74: ввод в действие 1.07.86. - М. : Госстрой, 1986. – 72 с.
3. Внутренний водопровод и канализация зданий: СНиП 2.04.01-85: утв. Госстроем СССР 4.10.85: ввод в действие 1.07.86. – М. : Стройиздат, 1986. – 56 с.
4. ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною". – Затверджено МОЗ України 12.05.2010. – К., 2010.
5. Фрог Б. Н. Водоподготовка : Учебн. пособие для вузов / Б. Н. Фрог, А. П. Левченко. – М. : Изд-во МГУ, 1996. – 680 с.
6. Кожин В. Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты : Учеб. пособие для вузов / В. Ф. Кожин. – М. : ООО «БАСТЕТ», 2008. – 304 с.
7. Хоружий П. Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П. Д. Хоружий, Т. П. Хомутецька, В. П. Хоружий. – К. : Аграрна наука, 2008. – 534 с.
8. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : Підручник / А. К. Запольський. – К. : Вища школа, 2005. – 671 с.
9. Кульский Л. А. Технология очистки природных вод / Л. А. Кульский, П. П. Строкач. – К. : Вища школа, 1986. – 352 с.
10. Николадзе Г. И. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения / Г. И. Николадзе, Д. М. Минц, А. А. Кастальский. – М. : Высшая школа, 1984. – 368 с.
11. Кравченко В. С. Водопостачання та каналізація : Підручник / В. С. Кравченко. – К. : Кондор, 2003. – 288 с.

Додаток 1

Витрати води на зовнішнє пожежогасіння на одну пожежу в населеному пункті (табл. 5 [1])

Кількість жителів в населеному пункті, тис. чол.	Розрахункова кількість одночасних пожеж	Витрата води на зовнішнє пожежогасіння на одну пожежу в населеному пункті, л/с	
		Забудова будинками висотою до 2 поверхів включно незалежно від ступеня вогнестійкості	Забудова будинками висотою 3 поверхи і вище включно незалежно від ступеня вогнестійкості
До 1	1	5	10
1 – 5	1	10	10
5 – 10	1	10	15
10 – 25	2	10	15
25 – 50	2	20	25
50 – 100	2	25	35
100 – 200	3	-	40
200 – 300	3	-	55
300 – 400	3	-	70
400 – 500	3	-	80
500 – 600	3	-	85
600 – 700	3	-	90
700 – 800	3	-	95
800 - 1000	3	-	100

Додаток 2

Рекомендована доза коагулянту (табл. 16 [1])

Мутність води, мг/дм³	Доза безводного коагулянту для обробки мутних вод, мг/дм³
До 100	25 – 35
100 – 200	30 – 40
200 – 400	35 – 45
400 – 600	45 – 50
600 – 800	50 – 60
800 – 1000	60 – 70
1000 – 1500	70 – 80

Додаток 3

Характеристика повітродувок типу ВК

Марка повітродувки	Подача повітря, м³/хв.	Габаритні розміри, мм			Потужність електродвигуна, кВт
		довжина	ширина	висота	
ВК-1,5	1,4	660	562	850	4,0
ВК-3	3,1	1225	527	990	7,5
ВК-6	5,7	1500	580	1370	18,5
ВК-12	10,4	1840	780	1750	22,0

Додаток 4

Визначення дози флокулянту (п. 6.17 [1])

Дозу флокулянта поліакриламід (ПАА) за безводним продуктом (на додаток до дози коагулянтів) слід приймати:

- при введенні перед відстійниками або освітлювачами зі зваженим осадом – за табл. 17;

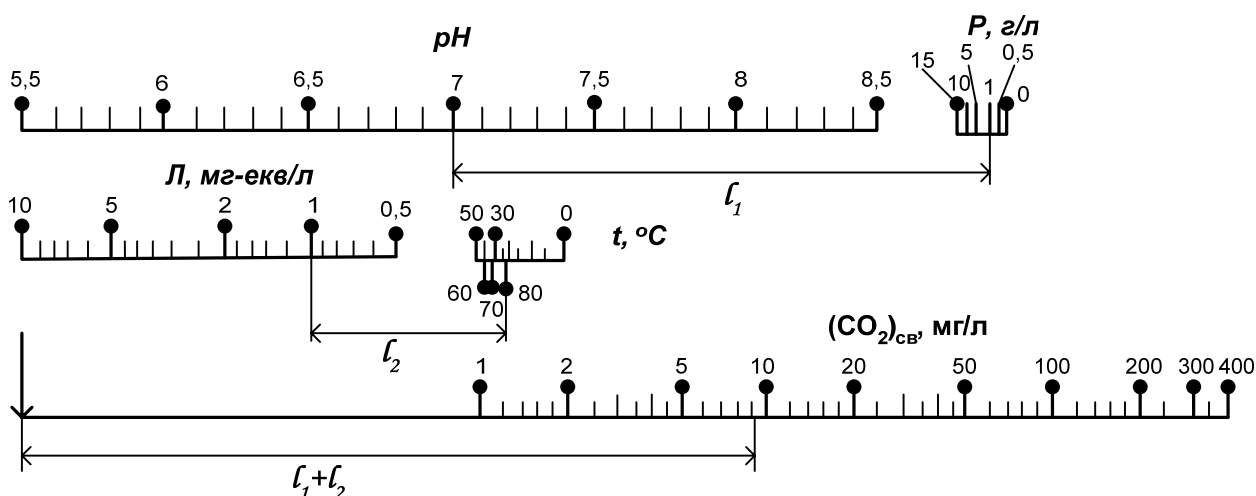
Мутність води, мг/дм ³	Кольоровість води, град.	Доза безводного ПАА, мг/дм ³
До 10	Св. 50	1,0 – 1,5
10 – 100	30 – 100	0,3 – 0,6
100 – 500	20 – 60	0,2 – 0,5
500 - 1500	-	0,2 – 1,0

- при введенні перед фільтрами при двоступінчастому очищенні – 0,05-1 мг/дм³;

- при введенні перед контактними освітлювачами або фільтрами при одноступінчастому очищенні, а також перед префільтрами – 0,2-0,6 мг/дм³.

Додаток 5

Номограма для визначення концентрації вільного двоокису вуглецю у природній воді (або рН)



Характеристика хлораторів ЛК

<i>Марка</i>	<i>Продуктивність по хлору, кг/год.</i>	<i>Витрата води, м³/год.</i>	<i>Габаритні розміри, мм</i>
ЛК-10м	0,04 - 0,8	до 5	530 x 230 x 60
ЛК-10с	1,00 - 5,4	≥ 5	530 x 530 x 60
ЛК-11	0,5 - 5,0	≥ 5	500 x 200 x 125
ЛК-10б	2,0 - 25,0	≥ 30	800 x 340 x 200

Характеристика хлораторів ЛОНІІ-100

<i>Хлоратори</i>	<i>Продуктивність по хлору, кг/год.</i>	<i>Габаритні розміри, мм</i>
Рідинним вимірюванням	0,02 – 1,0	800 x 730 x 160
	1,0 – 5,0	
	2,0 – 10,0	
З ротаметром	0,6 – 3,0	830 x 650 x 160
	1,0 – 5,0	
	2,0 – 10,0	

Характеристика контейнерів для рідкого хлору

<i>Характеристика</i>	<i>Об'єм контейнера, л</i>		
	<i>500</i>	<i>800</i>	<i>1000</i>
Вага тари, кг	428	660	970
Вага рідкого хлору, кг	640	1000	1250
Об'єм рідкого хлору, л	410	600	800
Робочий тиск, кгс/см ²	15	15	15

**Характеристика фільтруючого завантаження і швидкість фільтрування
для швидких фільтрів систем господарсько-питного водопостачання**

Фільтри	Характеристика фільтруючого завантаження						Швидкість фільтрування, м/год.	
	Матеріал завантаження	Діаметр зерен			Коефіцієнт не-однорідності	Висота шару, м	при нормальному режимі	при форсованому режимі
		мінімальний	максимальний	еквівалентний				
Одношарові швидкі фільтри	кварцовий пісок	0,5	1,2	0,7 – 0,8	1,8 – 2,0	0,7 – 0,8	5 - 6	6 – 7,5
		0,7	1,6	0,8 – 1,0	1,6 – 1,8	1,3 – 1,5	6 – 8	7 – 9,5
	подрібнений керамзит	0,5	1,2	0,7 – 0,8	1,8 – 2,0	0,7 – 0,8	6 – 7	7 – 9
		0,7	1,6	0,8 – 1,0	1,6 – 1,8	1,3 – 1,5	7 – 9,5	8,5 – 11,5
Двошарові швидкі фільтри	кварцовий пісок	0,5	1,2	0,7 – 0,8	1,8 - 2	0,7 – 0,8	7 - 10	8,5 - 12
	подрібнений керамзит або антрацит	0,8	1,8	0,9 – 1,1	1,6 – 1,8	0,4 – 0,5		

Параметри промивки водою фільтрів з кварцового піску

<i>Фільтри та їх завантаження</i>	<i>Інтенсивність промивання, л/с.м²</i>	<i>Тривалість промивання, хв.</i>	<i>Величина відносного розширення завантаження, %</i>
Швидкі фільтри з одношаровим завантаженням			
діаметр зерен, мм			45
0,7 – 0,8	12 – 14	6 - 5	30
0,8 – 1,0	14 – 16		25
1,0 – 1,2	16 - 18		
Швидкі фільтри з двошаровим завантаженням			
	14 - 16	7 - 6	50

Витрата води за годинами доби на господарсько-питне споживання населення залежно від коефіцієнта годинної нерівномірності

<i>Години доби</i>	<i>Годинна витрата, % від добової, залежно від коефіцієнта годинної нерівномірності</i>								
	<i>1,20</i>	<i>1,25</i>	<i>1,30</i>	<i>1,35</i>	<i>1,40</i>	<i>1,45</i>	<i>1,50</i>	<i>1,70</i>	<i>1,80</i>
0-1	3,50	3,35	3,20	3,00	2,50	2,00	1,50	1,00	1,30
1-2	3,45	3,25	3,25	3,20	2,65	2,10	1,50	1,00	1,30
2-3	3,45	3,30	2,90	2,50	2,20	1,85	1,50	1,00	1,30
3-4	3,40	3,20	2,90	2,60	2,25	1,90	1,50	1,00	1,30
4-5	3,40	3,25	3,35	3,50	3,20	2,85	2,50	2,00	1,30
5-6	3,55	3,40	3,75	4,10	3,90	3,70	3,50	3,00	3,50
6-7	4,00	3,85	4,15	4,50	4,50	4,50	4,50	5,00	7,00
7-8	4,40	4,45	4,65	4,90	5,10	5,30	5,50	6,50	7,50
8-9	5,00	5,20	5,05	4,90	5,35	5,80	6,25	6,50	7,50
9-10	4,80	5,05	5,40	5,60	5,85	6,05	6,25	5,50	7,50
10-11	4,70	4,85	4,85	4,90	5,35	5,80	6,25	4,50	6,50
11-12	4,55	4,60	4,60	4,70	5,25	5,70	6,25	5,50	5,20
12-13	4,55	4,60	4,50	4,40	4,60	4,80	5,00	7,00	3,60
13-14	4,45	4,55	4,30	4,10	4,40	4,70	5,00	7,00	3,60
14-15	4,60	4,75	4,40	4,10	4,60	5,05	5,50	5,50	4,00
15-16	4,60	4,70	4,55	4,40	4,60	5,30	6,00	4,50	5,60
16-17	4,60	4,65	4,50	4,30	4,90	5,45	6,00	5,00	6,20
17-18	4,30	4,35	4,25	4,10	4,60	5,05	5,50	6,50	6,20
18-19	4,35	4,40	4,45	4,50	4,70	4,85	5,00	6,50	6,20
19-20	4,25	4,30	4,40	4,50	4,50	4,50	4,50	5,00	5,20
20-21	4,25	4,30	4,40	4,50	4,40	4,20	4,00	4,50	3,40
21-22	4,15	4,20	4,50	4,80	4,20	3,60	3,00	3,00	2,20
22-23	3,90	3,75	4,20	4,60	3,70	2,85	2,00	2,00	1,30
23-24	3,80	3,70	3,50	3,30	2,70	2,10	1,50	1,00	1,30
	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Основні розміри резервуарів чистої води

Місткість, м ³	Розміри, м			Місткість, м ³	Розміри, м		
	ширина	довжина	висота		ширина	довжина	висота
700	12	18	3,8	3000	30	24	4,8
1000	12	24	3,8	3200	24	30	4,8
1200	12	30	3,8	3900	24	36	4,8
1400	18	18	4,8	6000	60	36	4,8
1900	18	24	4,8	10000	48	48	4,8
2000	24	18	4,8	12000	54	48	4,8
2400	18	30	4,8	14000	54	54	4,8
2500	24	24	4,8	15000	54	60	4,8

Вихідні дані для виконання курсової роботи
«Водопрвідні очисні споруди системи господарсько-питного водопостачання»
НОМЕР ВАРІАНТА ВИЗНАЧАЄТЬСЯ ЗА ОСТАННЬОЮ ЦИФРОЮ НОМЕРА ЗАЛІКОВОЇ КНИЖКИ

		ВАРІАНТИ									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Кількість жителів у місті, тис. чол.	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400
2	Забудова, поверхів	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6
3	Корисна продуктивність очисних споруд, $Q_{пов}$, тис. $м^3/доб.$	65	67	69	70	71	72	75	77	84	87
4	Вміст завислих речовин, $мг/дм^3$	200	202	204	206	208	210	212	214	216	218
5	pH	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,6
6	Кольоровість, град п.к.ш.	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
7	Температура, $^{\circ}C$	11	12	13	14	15	14	13	12	11	12
8	Перманганатна окислюваність, $мгO_2/дм^3$	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,2	7,1	7,0	6,9
9	Запах, присмак, бал	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	Вміст катіонів і аніонів:										
	Ca^{2+}	76	72	70	76	77	76	72	70	76	77
	HCO_3^-	185	181	187	185	182	185	181	187	185	182
	Mg^{2+}	9,1	8,9	9,2	9,1	8,7	9,1	8,9	9,2	9,1	8,7
	SO_4^{2-}	71,7	69,1	72,1	71,3	71,7	71,7	69,1	72,1	71,3	71,7
	Na^+	28	34	35	33	29	28	34	35	33	29
	Cl	32	36	34	33	34	32	36	34	33	34
	SiO_3^{2-}	14,1	16,1	15,1	15,7	16,3	14,1	16,1	15,1	15,7	16,3

Навчальне видання

Методичні вказівки
до виконання курсової роботи
з дисциплін

**«Технологія очистки природних вод»
та «Споруди і обладнання водопостачання»
Модуль 3. Очисні споруди водопостачання**

(для студентів 4 курсу заочної форми навчання
напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво» (спец. «Водопостачання та водо-
відведення») та 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»)

Укладач: **СОРОКІНА** Катерина Борисівна

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *К. Б. Сорокіна*

План 2011, поз. 130М

Підп. до друку 19.10.2011
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60х84/16
Ум. друк. арк. 1,6
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет міського господарства
імені О.М.Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.